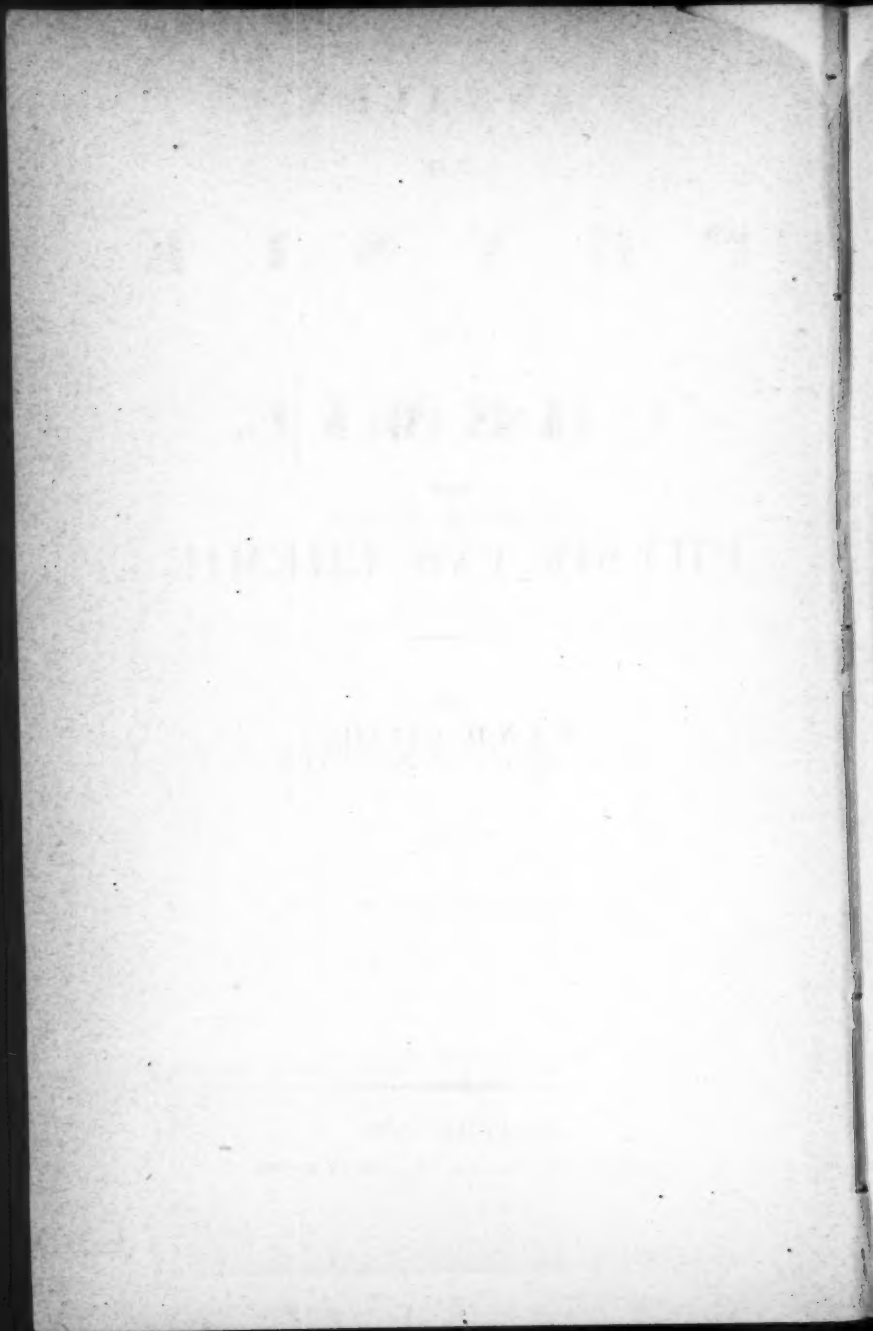




**ANNALEN**  
**DER**  
**PHYSIK UND CHEMIE.**

---

**B A N D CXXXIII.**





**ANNALEN**

DER

**P H Y S I K**

UND

**C H E M I E.**

---

FÜNFTE REIHE.

---

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

**J. C. POGGENDORFF.**

---

DREIZEHNTER BAND.

---

NEBST VIER FIGURENTAFELN.

---

**LEIPZIG, 1868.**

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

RECEIVED

APR 10 1954

FROM THE PHYSICS DEPARTMENT

TO THE PHYSICS DEPARTMENT

RECEIVED

APR 10 1954

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

**ANNALEN**  
DER  
**P H Y S I K**  
UND  
**C H E M I E.**

---

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

**J. C. POGGENDORFF.**

HUNDERTDREIUNDDREISSIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE ZWEIHUNDERTUNDNEUNTER.

---

NEBST VIER FIGURENTAFELN.

---

**LEIPZIG, 1868.**

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.



## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXXIII.

I. *Ueber die Beziehung zwischen Brechungs-  
exponenten des Lichts und Körperdichte;*  
von A. Wüllner.

## 1.

In den letzten Jahren ist die Frage, in welcher Beziehung die Brechungsexponenten und Dichtigkeiten der brechenden Substanzen zu einander stehen, vielfach ventilirt worden. Indem ich ältere Untersuchungen bei Seite lasse, erwähne ich zunächst diejenigen des Hrn. Schrauf, welcher in einer großen Reihe von Abhandlungen<sup>1)</sup> und später in einem eigenen Werke<sup>2)</sup> den Nachweis zu liefern versuchte, daß das sogenannte specifische Brechungsvermögen für jede Substanz eine constante Größe sei. Als specifisches Brechungsvermögen wird dabei der Quotient

$$\frac{A^2 - 1}{D}$$

genommen, in welchem  $A$  die Constante der Dispersionsformel von Cauchy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

bedeutet, zu welcher Hr. Schrauf aus einer ganz ähnlich aufgebauten Formel gelangt, welche er aus der von ihm sogenannten Molekulartheorie ableitet, und welche die Gestalt hat

1) Schrauf: Diese Annalen: Bd. 116, Bd. 118, Bd. 119, Bd. 126, Bd. 127. Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1865 und 1866.

2) Schrauf: Physikalische Studien etc. Wien 1867.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXXIII.

$$n^2 = 1 + V \cdot D \cdot X^2 \frac{v^2 \cdot s^2}{\lambda^2}.$$

In derselben bedeuten  $n$  den Brechungsexponenten für Licht von der Wellenlänge  $\lambda$ ,  $V$  das Volumen der Masseneinheit der brechenden Substanz,  $D$  die Dichtigkeit derselben,  $X$ , die verzögernden Kräfte des Mediums, in welchem die Schwingungen stattfinden,  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in dem betreffenden Medium,  $s$  die Oscillationsamplitude des Lichtes.

Von einer Würdigung der theoretischen Ableitung dieser Formel will ich mich dispensiren; die Grundlage derselben bilden folgende Sätze: <sup>1)</sup>

Die Geschwindigkeit des (in einer Schwingung begriffenen) Theilchens während seiner Bewegung eine continuirlich verzögerte, wird beim Maximum der Elongation Null, und dann negativ, also ausdrückbar durch

$$C = \frac{dy}{dt} = \frac{2s\pi}{\tau} \cdot \cos 2\pi \cdot \frac{t}{\tau} = 2s \frac{\pi}{\tau} - \frac{8\pi^3 s}{\tau^3} t^2 + \dots$$

Eine einfachere Relation ergibt sich jedoch, wenn man bloß den positiven Theil der Elongation als solchen betrachtet und ihn mit dem gleichzeitig zurückgelegten Theil der Wellenlänge, d. i.  $\frac{\lambda}{4}$  vergleicht. Vergleicht man nur diese beiden Wege, so kann man, ohne Rücksichtnahme auf die continuirliche Verzögerung, den positiven Weg der Elongation hervorgebracht denken durch eine constante Geschwindigkeit (Vibrationsgeschwindigkeit)  $c$ , welche während  $\frac{\tau}{4}$  gewirkt hat.

Da die Oscillationsdauer von Medium zu Medium gleich bleibt, so wird sich hingegen  $s$  und mit ihm dann auch  $c$  fortwährend verändern, wie sich dieß auch ergibt, wenn man in der obigen Gleichung, entwickelt nach Potenzen von  $\tau$ , die höhern Potenzen vernachlässigt. Man kann dann, wenn man die constanten Factoren vernachlässigt, sagen

$$s = c \cdot \tau \quad \lambda = v \cdot \tau.$$

Eine Kraft somit, welche die Masseneinheit  $m$  mit der Ge-

1) Physikalische Studien S. 33.

schwindigkeit  $c$  um die Elongation  $s$  aus dem Gleichgewicht zu bringen vermag, wird daher ausdrückbar seyn durch

$$x = mc^2 = \frac{ms^2 v^2}{\lambda^2}$$

Soweit Hr. Schrauf; aus dieser Gleichung wird dann die vorhin erwähnte abgeleitet. Ein weiteres Beispiel von Hrn. Schrauf's theoretischen Folgerungen ist folgendes. In obiger Gleichung würde, wie derselbe bemerkt, da das Volumen der Masseneinheit  $V = \frac{1}{D}$  sey, der Factor  $VD$  fortfallen. Um aber den Coëfficienten  $D$  in seiner Gleichung zu retten, setzt er anstatt  $V = \frac{1}{D}$   $V = Z \cdot G$ , gleich dem Producte aus Zahl und Gröfse der Atome. Es genüge an diesen Beispielen um zu zeigen, in welcher Weise Hr. Schrauf seine Gleichungen erhält, welche im Verlaufe der Untersuchung noch manche Wandlung erfahren, um schliesslich in der Form

$$\mu^2 = 1 + Z \cdot G \cdot D \left[ M + C \cdot \left( \frac{N}{\lambda^2} \right)^2 \right]$$

zu den Rechnungen benutzt zu werden, mit denen dieselbe zunächst verificirt werden soll.

Zu dieser Verification benutzte Hr. Schrauf anfänglich die Messungen der HH. Dale und Gladstone<sup>1)</sup>, später die inzwischen publicirten Resultate des Hrn. Landolt<sup>2)</sup>. Dabei kommt dann das eigenthümliche Resultat heraus, dafs, während diese Beobachter ihre eigenen Versuche dahin interpretiren, dafs der Quotient  $\frac{A^2 - 1}{D}$  bei Aenderung der Temperaturen der brechenden Substanzen nicht constant sey, sondern mit der Temperatur abnehme, Hr. Schrauf in den Resultaten dieser Herren eine Bestätigung seiner Theorie sieht.<sup>3)</sup>

1) Dale und Gladstone. *Philos. Transact.* 1858 p. 887 und *Philos. Transact.* 1863, p. 317.

2) Landolt, diese *Annalen* Bd. 117, Bd. 122, Bd. 123.

3) Betreffs der Genauigkeit der Rechnungen des Hrn. Schrauf sehe man: Radau im *Moniteur scientifique de Mr. Queznevillle, année 1865* p. 791.

Es entgeht zwar Hrn. Schrauf nicht, daß die Quotienten  $\frac{A^2-1}{D}$  nicht constant sind, daß sie vielmehr mit steigender Temperatur stetig abnehmen, aber anstatt aus dieser Erfahrung zu schliessen, daß die von ihm vermuthete Beziehung nicht richtig sei, vermuthet er vielmehr in den Beobachtungen einen Fehler, welcher überall die Brechungsexponenten in höhern Temperaturen zu klein werden lassen soll. Dieser Fehler soll in einer durch die Aenderung der Temperatur bedingten Veränderung des brechenden Winkels der Prismen bestehen; der brechende Winkel soll somit, da die Brechungsexponenten zu klein sind, mit steigender Temperatur kleiner werden. In welcher Weise die Veränderung zu Stande kommen soll, obwohl bei isotropen Körpern die Ausdehnung nach allen Richtungen gleichwerthig ist, darüber äußert sich Hr. Schrauf nicht.

Eine weitere Verification seiner Formeln sucht Herr Schrauf dann in der Ausdehnung des Satzes, welchen Biot und Arago für Gase aufgestellt hatten, auf Flüssigkeiten, des Satzes, daß die brechende Kraft eines Gemisches gleich ist der Summe der brechenden Kräfte der einzelnen Bestandtheile. Bezeichnet man die Constante der Cauchy'schen Dispersionsformel für das Gemisch mit  $A$ , für die einzelnen Bestandtheile mit  $a_1, a_2 \dots$ , die Dichtigkeiten respective mit  $D, d_1, d_2 \dots$ , das Gewicht des Gemisches mit  $P$  der Bestandtheile mit  $p_1, p_2 \dots$  so liefert jenes Gesetz die Form

$$\frac{A^2-1}{D} \cdot P = \frac{a_1^2-1}{d_1} \cdot p_1 + \frac{a_2^2-1}{d_2} \cdot p_2 + \dots$$

zu seinen Rechnungen benutzt Hr. Schrauf wieder Versuche des Hrn. Landolt, welcher auch bei den Gemischen aus seinen Versuchen ableitet, daß die oben hingestellte Beziehung nicht richtig ist; Hr. Schrauf findet die Beziehung aber bestätigt, obwohl die berechneten mit den beobachteten Werthen gewöhnlich schon in der dritten Decimale differiren.

Es genüge an diesen Bemerkungen, um die Arbeiten des



Hrn. Schrauf zu charakterisiren; dafs dieselben keineswegs geeignet sind, die Richtigkeit der erwähnten Relation zu beweisen, wird sich daraus wohl zur Genüge ergeben.

Schon vor Hrn. Schrauf suchte Hr. Hoek<sup>1)</sup> durch eine Berechnung der von Deville gegebenen Zahlen für die Brechungsexponenten von Gemischen aus Alkohol und Wasser und Holzgeist und Wasser die Constanz der specifischen Brechungsvermögen zu prüfen, indem er die Formel von Biot und Arago auf dieselben anwandte. Er benutzte indess nicht das von der Wellenlänge unabhängige Glied der Cauchy'schen Formel, sondern die Brechungsexponenten des gelben Lichtes, welche Deville allein bestimmt hatte. Die nach der angegebenen Gleichung berechneten Brechungsexponenten stimmten mit den direkt beobachteten in den drei ersten Decimalen überein. Diese nahe Uebereinstimmung veranlafste Hrn. Hoek in Verbindung mit Hrn. Oudemans<sup>2)</sup> später selbst eine grofse Anzahl Messungen von Brechungsexponenten von Salzlösungen und Flüssigkeitsgemischen bei constanter Temperatur, sowie einzelner Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen auszuführen, um die Constanz der Beziehung  $\frac{a^2 - 1}{d}$  zu prüfen. Leider haben diese Herren nur die Brechungsexponenten für gelbes Licht bestimmt, während sich jene Beziehung strenge genommen nur für das von der Wellenlänge unabhängige Glied der Dispersionsformel prüfen läfst.

Die verschiedenen Lösungen eines Salzes wurden durch Vermischen einer Normallösung mit Wasser hergestellt; für diese liefsen sich die Brechungsexponenten der Gemische nach der erwähnten Gleichung aus jenen der Bestandtheile bis auf etwa 1 Einheit in der vierten Decimale berechnen. Bei Gemischen aus Essigsäure und Wasser dagegen weichen die berechneten Brechungsexponenten von den beobachteten

1) Hoek: Diese Annalen Bd. 112.

2) Hoek et Oudemans: *Recherches sur la quantité d'éther contenue dans les liquides*. La Haye 1864.

schon um 2 bis 3 Einheiten in der dritten Decimale ab, während die HH. Beobachter als Gränze der Beobachtungsfehler 2 Einheiten auf der vierten Decimale angeben. Indem sie schliesslich bei fünf verschiedenen Flüssigkeiten die Brechungsexponenten für die Temperaturen zwischen 15° und 100° beobachteten und mit den Dichtigkeiten derselben, welche sie nach den Formeln von Pierre und Kopp berechneten, verglichen, fanden sie, dass der Quotient  $\frac{n^2-1}{d}$  mit der Temperatur abnehme.

Nach den Versuchen von Hoek und Oudemans kann man also nicht annehmen, dass der Quotient aus dem um eins verminderten Quadrate des Brechungsexponenten und der Dichte für eine Substanz immer denselben Werth hat; denn wenn sich auch für verschieden concentrirte Salzlösungen die Brechungsexponenten berechnen lassen, so sind doch dort die Brechungsexponenten der Gemische und ihrer Bestandtheile so wenig verschieden, dass man auch nach ganz andern Relationen die Brechungsexponenten der Gemische, aus denen der Bestandtheile berechnet, den beobachteten Brechungsexponenten gleich findet.

Gleichzeitig mit den erwähnten Arbeiten theilte Hr. Landolt seine ausgedehnten Versuchsreihen über die Brechungsexponenten organischer Verbindungen mit<sup>1)</sup>. Nachdem er in zwei Abhandlungen eine grosse Zahl von, mit der grössten Sorgfalt durchgeführten Messungen mitgetheilt, geht er in der dritten Abhandlung zunächst dazu über, die Beziehung zwischen Brechungsexponenten und Dichtigkeit zu untersuchen. Er benutzt dazu einmal seine Beobachtungen über die Brechungsexponenten mehrerer Substanzen für verschiedene Temperaturen, und dann die von ihm bestimmten Brechungsexponenten verschiedener Gemische. Auch Hr. Landolt legt diesen Rechnungen das constante Glied der Cauchy'schen Dispersionsformel zu Grunde, welches er aus den Brechungsexponenten des rothen und des violetten Strei-

1) Landolt, diese Annalen Bd. 117, Bd. 122, Bd. 123.

fens berechnet. Auch er kommt zu dem Resultate, daß das spezifische Brechungsvermögen nicht constant ist, daß es vielmehr mit steigender Temperatur stetig abnimmt.

Beer hat früher an den Versuchen von Biot und Arago gezeigt, daß man bei den Gasen ebenso gut den Quotienten aus dem um eins verminderten Brechungsexponenten und der Dichte als constant ansehen könne. Dadurch wurde Hr. Landolt bestimmt auch diese Relation aus seinen Messungen zu prüfen, und es ergab sich, daß bei Propionsäure zwischen 18° und 28° dieser Quotient von 0,3784 bis 0,3785 bei Amylalkohol zwischen 16° und 26° von 0,4889 bis 0,4890 zunahm, daß er bei Aldehyd zwischen 6° und 20° sich als constant erwies und schließlic bei Aethylalkohol zwischen 12° und 28° von 0,4426 bis 0,4423 und bei Bittermandelöl zwischen 16° und 26° von 0,4872 bis 0,4870 abnahm.

Hr. Landolt betrachtet daher den Quotienten

$$\frac{\alpha - 1}{d}$$

als constant und bezeichnet ihn als das spezifische Brechungsvermögen. Er läßt es indessen dahingestellt, ob diese Relation das wirkliche, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes mit der Körperdichte verknüpfende Gesetz darstelle, und macht darauf aufmerksam, daß dann jedenfalls für das Wasser eine Ausnahme gemacht werden müsse, für welches die Versuche des Hrn. Jamin <sup>1)</sup> eine Zunahme der Brechungsexponenten mit sinkender Temperatur auch unter 4° ergeben haben.

Eine weitere Probe für die Constanz des Quotienten  $\frac{\alpha - 1}{d}$  erhält Hr. Landolt aus seinen Versuchen über die Brechungsexponenten von Gemischen, indem er zeigt, daß wenn man in der von Biot und Arago für Gase gegebenen Formel die brechenden Kräfte  $\alpha^2 - 1$  ersetzt durch  $\alpha - 1$ , der Gleichung also die Form giebt:

1) Jamin, diese Annalen Bd. 100.

$$\frac{A-1}{D} \cdot P = \frac{a_1-1}{d_1} \cdot p_1 + \frac{a_2-1}{d_2} \cdot p_2 \dots,$$

diese Gleichung die Brechungsexponenten der Gemische aus jenen der Bestandtheile zu berechnen gestattet. Die so berechneten Brechungsexponenten stimmen mit den beobachteten bis auf 3 bis 4 Einheiten in der vierten Decimale überein <sup>1)</sup>).

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangten die HH. Dale und Gladstone in einer im Jahre 1863 erschienenen Arbeit über Brechungsexponenten <sup>2)</sup>. Sie schloßten aus ihren Versuchen mit Alkohol, ameisensaurem Aethyl, Essigsäure, Terpentinöl, Jodäthyl, daß der von ihnen als spezifische Brechungskraft bezeichnete Quotient aus der um eins verminderten Brechungsexponenten und der Körperdichte für die verschiedenen Temperaturen constant sey. Sie wenden bei ihren Rechnungen indess nicht das constante Glied der Cauchy'schen Dispersionsformel, sondern die Brechungsexponenten einer Fraunhofer'schen Linie an.

In Bezug auf Gemische geben sie an, daß sich die Brechungsexponenten aus denen der Bestandtheile nahezu, aber nicht mit voller Genauigkeit berechnen lasse.

Schließlich sind noch die Versuche des Hrn. Ketteler <sup>3)</sup> über die Farbenzerstreuung in den Gasen zu erwähnen, welcher bei denselben ebenfalls zu der Relation gelangt

$$\frac{n-1}{d} = f(\lambda),$$

so daß für Licht einer bestimmten Wellenlänge dieser Quotient constant ist. Bei seinen Versuchen variierte Hr. Ketteler den Druck, unter welchem die Gase standen, um mehr als zwei Atmosphären. Hr. Ketteler bestimmte die Brechungsexponenten der Gase mit dem Jamin'schen Interferentialrefractor, und es ergab sich, daß die Verschiebung

1) Siehe auch Landolt's Abhandlung über optische Analyse von Gemischen, in Liebig's Annalen, 4. Supplementband.

2) Dale und Gladstone, *Phil. Transact.* 1863.

3) Ketteler. Ueber die Farbenzerstreuung der Gase, Bonn 1865.

der Interferenzfransen den Dichtigkeitsänderungen des Gases in der einen der beiden zwischen die Spiegelplatten gebrachten Röhren proportional waren.

Bei den Versuchen des Hrn. Landolt sowohl als bei den Versuchen des Hrn. Ketteler läßt indess der Quotient

$$\frac{n-1}{d}$$

sei es, daß  $n$  den Brechungsexponenten für Licht einer bestimmten Wellenlänge, sey es, daß er die von der Wellenlänge unabhängige Constante der Dispersionsformeln bedeutet, immerhin noch kleine und zwar regelmäßige Schwankungen erkennen. Nur bei einer der Flüssigkeiten, bei denen Hr. Landolt die Brechungsexponenten und Dichtigkeiten in verschiedenen Temperaturen verglichen hat, beim Aldehyd, ist jener Quotient innerhalb der beobachteten Temperaturen constant, bei den übrigen zeigt er eine, wenn auch kleine, so doch regelmäßige Zunahme oder Abnahme. Ebenso stimmen die Brechungsexponenten der Gemische, welche mit der der Biot'schen nachgebildeten Formel berechnet sind, in der vierten Decimale mit den beobachteten nicht mehr überein.

Man könnte zwar diese kleinen Unterschiede als Folge der unvermeidlichen Beobachtungsfehler ansehen, oder besonders bei Vergleichung der Brechungsexponenten und Dichten in verschiedenen Temperaturen sie dadurch erklären, daß Hr. Landolt zur Bestimmung der Dichten die Kopp'schen Ausdehnungsformeln benutzte, während seine Präparate mit denen des Hrn. Kopp vielleicht nicht ganz identisch waren; indess waren es doch wohl diese Differenzen, welche Hrn. Landolt veranlaßten die Constanz des Quotienten  $\frac{n-1}{d}$  nicht als allgemein gültiges Gesetz anzusehen, von welchem nur das Wasser eine Ausnahme mache.

Bei den Versuchen des Hrn. Ketteler zeigen sich ähnliche Abweichungen; er macht selbst in seiner Schrift darauf aufmerksam, daß bei zunehmender Dichtigkeit der Gase stets

die Verschiebungen der Interferenzfransen etwas rascher zunehmen als der Druck des Gases, so daß daraus folgen würde, daß bei zunehmender Dichtigkeit die Brechungsexponenten etwas rascher wachsen als der Druck, wenn die Abweichungen die Gränze der Beobachtungsfehler überschreiten würden. Letzteres glaubt nun Hr. Ketteler nicht annehmen zu müssen, er glaubt vielmehr, daß diese Abweichungen sich hinreichend durch die bei den Compressionen und Dilatationen der Gase eintretenden Aenderungen der Temperatur, welche nicht vollständig verhindert werden konnten, erklären lassen. Hr. Ketteler glaubt deshalb die Constanz des Quotienten zunächst für Gase annehmen zu können; bei Aufstellung seiner neuen Dispersionsformel, welche wesentlich auf dieser Annahme basirt, dehnt er dieselbe dann auch auf die Flüssigkeiten aus.

Bei dem großen Interesse, welches die Frage nach dem Zusammenhange von Brechungsexponenten und Dichte, oder nach der Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Körperdichte hat, sey es mir gestattet in Folgendem eine nicht unbeträchtliche Zahl von Messungen mitzutheilen, welche den Beweis liefern, daß die Aenderungen der Brechungsexponenten den Dichtigkeitsänderungen allerdings sehr nahe proportional sind, daß die Abweichungen indess doch die Beobachtungsfehler überschreiten. Das Gesetz der Proportionalität dieser Aenderungen ist angenähert richtig, wie das Mariotte'sche; ähnlich wie jenes kann es nicht angewandt werden, wo es sich um vollständige Genauigkeit handelt.

## 2.

Zur Prüfung jener Beziehung wandte ich Flüssigkeiten an; da bei diesen die Aenderung der Brechungsexponenten bei Aenderung der Dichten am größten sind, und da gerade Flüssigkeiten die Prüfung jener Beziehung einmal dadurch gestatten, daß man ihre Temperatur ändert; und dann dadurch, daß man Mischungen verschiedener Flüssigkeiten herstellt, und die Brechungsexponenten der Gemische mit denen

der Bestandtheile vergleicht, in derselben Weise, wie es schon Hr. Landolt gethan hat.

Bei der Auswahl der zu untersuchenden Flüssigkeiten war deshalb darauf zu sehen, einmal, daß die Aenderungen der Brechungsexponenten bei Aenderung der Temperatur recht beträchtlich waren, dann aber, daß die Brechungsexponenten der Bestandtheile, welche zu den Mischungen dienten, möglichst weit aus einander lagen. Beide Bedingungen wurden mehr oder weniger gut erfüllt durch Schwefelkohlenstoff, concentrirte Chlorzinklösung, Glycerin, Alkohol und Wasser, von denen die ersten mit die größten, die letzten mit die kleinsten der bei Flüssigkeiten beobachteten Brechungsexponenten haben, und bei denen, mit Ausnahme des Wassers, die Aenderungen der Brechungsexponenten für die Temperaturänderung von einem Grad 3 bis 8 Einheiten auf der vierten Decimale betragen. Es wurden deshalb die angegebenen Flüssigkeiten zu den Versuchen benutzt, von ihnen und von verschiedenen Gemischen aus Schwefelkohlenstoff und Alkohol, Glycerin und Alkohol, Glycerin und Wasser, Chlorzinklösung und Wasser, die Brechungsexponenten und Dichtigkeiten für verschiedene Temperaturen bestimmt und mit einander verglichen.

Die Brechungsexponenten wurden mit einem vortrefflichen Meyerstein'schen Spectrometer gemessen, dessen Theilkreis einen Durchmesser von 10" hat, dessen Theilung direct 10' angab, und an welcher man mittelst des Nonius 10" ablas. Das Hohlprisma bestand aus einem durchbohrten Stücke schwarzen Glases, vor dessen Durchbohrung planparallele Glasplatten gelegt und durch den Druck einer Feder festgehalten wurden. Die Oeffnung in der obern Basis, welche zum Eingießen der Flüssigkeit diente, hatte eine solche Weite, daß man durch dieselbe ein sehr empfindliches Thermometer in das Prisma einsenken und mit Kork in derselben befestigen konnte.

Die Glasplatten des Prismas waren sehr nahe planparallel, jedoch nicht so vollkommen, daß nicht nach jedem

Auseinandernehmen des Prismas der brechende Winkel und die durch das leere Prisma hervorgebrachte Ablenkung hätte bestimmt werden müssen. Der brechende Winkel schwankte dabei zwischen  $59^{\circ} 57' 50''$  und  $59^{\circ} 58' 30''$ , bei einer Beobachtungsreihe, bei der Mischung 1 Gewichtstheil Alkohol mit  $\frac{1}{3}$  Theil Glycerin, fand er sich gleich  $59^{\circ} 59' 30''$ . In den meisten Fällen hatte er den Werth  $58^{\circ} 58' 10''$ .

Die Brechungsexponenten des Glycerins  $a$  und der Gemische aus Glycerin und Wasser sind mit einem etwas kleineren Spectrometer und Prisma, dem des Hrn. Landolt, beschrieben im 117. Bande dieser Annalen, gemessen. Der brechende Winkel dieses Prismas war zwischen  $49^{\circ} 41'$  und  $49^{\circ} 44'$ .

Als Lichtquelle diente eine Geißler'sche Wasserstoffröhre, deren Spectrum mit seinen drei hellen Streifen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , wie Hr. Plücker<sup>1)</sup> sie genannt hat, ein unübertreffliches Mittel zu optischen Messungen liefert, besonders wenn man wie in den letzten zwei Jahren, so selten anhaltend klaren Himmel hat. Zwar sind auch diese Lichtquellen manchmal eigensinnig, nicht als ob sie ihr Licht versagen, sondern indem sie zu viel Licht geben, nur nicht gerade das, welches man wünscht. Ich habe nämlich mehrfach zu beobachten Gelegenheit gehabt, dafs plötzlich der violette Streifen  $H\gamma$  verschwand, und dafs dann gleichzeitig das Spectrum des Wasserstoffgases ein continuirliches wurde, ähnlich dem ersten des Stickstoffs, in welchem nur noch die Streifen  $H\alpha$  und  $H\beta$  sichtbar waren. Mit Rücksicht auf die Bemerkungen des Hrn. P. Secchi, im Juniheft dieser Annalen, werde ich über dieses eigenthümliche Vorkommen in einer eigenen Notiz berichten, nur will ich hier bemerken, dafs eine Wasserstoffröhre, welche ein so geändertes Spectrum gab, zuweilen nach einiger Zeit, etwa 2 bis 3 Tagen, wieder das frühere Spectrum von drei Streifen mit derselben Helligkeit gab, zuweilen aber auch nie wieder dahin zu bringen war den Streifen  $H\gamma$  zu liefern. Das ist auch der Grund, wes-

1) Plücker, diese Annalen Bd. 107.



halb in einzelnen Reihen die Brechungsexponenten für den violetten Streifen,  $H\gamma$ , nicht den gleichen Grad von Genauigkeit haben. Mein ganzer Vorrath von Wasserstoffröhren, 8 an der Zahl, und alle die ich von Hrn. Geißler erhielt, zeigten nämlich eine Zeitlang immerfort jene Schwächung des Streifens  $\gamma$ .

Zu den Messungen benutzte ich die Methode der kleinsten Ablenkung. Das mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte und mit dem Thermometer versehene Prisma wurde mit dem kleinen Tische, auf welchem das Prisma bei dem Meyerstein'schen Apparate steht, erwärmt und dann auf seine Stelle, auf den kleinen für sich drehbaren Theilkreis des Spectrometers aufgestellt. Es wurde dann gewartet, bis die Temperatur der Flüssigkeit im Prisma überall dieselbe geworden war, was mit aller Sicherheit daran erkannt wurde, daß die hellen Linien des Spectrums deutlich und scharf begrenzt erschienen. Denn so lange die verschiedenen vom Licht durchstrahlten Schichten der Flüssigkeit noch die geringste Temperaturverschiedenheit haben, sind die hellen Streifen verbreitert und an den Grenzen verwaschen, so daß eine sichere Einstellung des Fadenkreuzes durchaus unmöglich ist. War die Temperatur in dem Prisma einmal gleichmäÙig geworden, so blieb sie es auch, wenn das Prisma auf dem Spectrometer sich selbst überlassen sich allmählich auf die Temperatur der Umgebung abkühlte. Die Abkühlung ging hinreichend langsam vor sich, um während derselben die einer bestimmten Temperatur entsprechenden Ablenkungen zu beobachten, da das Prisma und das Tischchen, die gleichzeitig erwärmt waren, ihre Wärme nur an die umgebende Luft abgaben. Das Tischchen, welches das Prisma trägt, steht nämlich mittels dreier Stellschrauben auf der Platte des kleinen Theilkreises, den dieselben nur mit ihren Spitzen berühren.

Zu den Messungen wurde dann durch Drehung des für sich beweglichen kleinen Theilkreises des Spectrometers das Prisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt, nach-

dem man vorher die verticale Stellung der brechenden Kante controllirt, oder durch Correction an den Stellschrauben des Tischchens hergestellt hatte. Um diese Controlle ausführen zu können, war die Mitte der Spaltöffnung des Spectrometers durch einen sehr feinen Faden markirt; das Bild des Fadens erschien dann, wenn die brechende Kante vertical stand, in dem ganzen Spectrum an dem horizontalen Faden des Fadenkreuzes. War das Minimum der Ablenkung erreicht, so wurde das Fernrohr des Spectrometers darauf eingestellt, und dann sofort an dem Thermometer des Prismas die Temperatur der Flüssigkeit abgelesen. Die Zeit, welche zwischen dem Feststellen des Fernrohrs und dem Ablesen der Temperatur verstrich, betrug höchstens eine Secunde, so dafs bei der langsamen Abkühlung die beobachtete Temperatur von derjenigen im Momente der Einstellung des Fadenkreuzes nicht verschieden sein konnte.

Das Fadenkreuz im Fernrohr des Spectrometers besteht aus zwei parallelen Verticalfäden und einem Horizontalfaden; die sicherste Einstellung der Fäden auf die einzelnen hellen Linien liefs sich daher dadurch erreichen, dafs man dem Spalt etwa die doppelte Breite des Abstandes der beiden Parallelfäden gab, dann die Fäden so stellte, dafs an den äufsern Seiten der Fäden der helle Theil der Lichtlinie gleiche Breite hatte. Man sieht so die geringste Verschiebung der Fäden aus der Mitte auf das Sicherste.

Die Temperaturgränzen, zwischen denen auf diese Weise die Brechungsexponenten der einzelnen Flüssigkeiten und Gemische bestimmt werden konnten, sind allerdings nicht sehr weit auseinander, die Differenzen betragen in den meisten Fällen nur  $10^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$ , in einzelnen mehr; indess reichen die Messungen aus, um den vorhin behaupteten Satz zu beweisen.

Die den Versuchen unterworfenen Gemische wurden mit der Wage dargestellt, anfänglich mit möglichster Vorsicht durch langsames Zutropfeln der leichter flüchtigen Flüssigkeit, so dafs die Verhältnisse 1 : 0,5, 1 : 1, 1 : 4 heraus-

kamen, zuletzt aber, indem man die Flüssigkeiten nur nahezu in solchen Verhältnissen zusammenbrachte.

Die Dichtigkeiten und Ausdehnungen der einzelnen Flüssigkeiten und ihrer Gemische wurden mit Hülfe kleiner Dichtigkeitsgläschen ebenfalls durch die Wage bestimmt. Zur Erreichung möglicher Genauigkeit wurden alle Gewichte auf den luftleeren Raum reducirt, und für jedes Gläschen der Ausdehnungscoefficient eigens bestimmt. Das Volumen der verschiedenen Gläschen bei 0° war 12 bis 20 CC. Um ihre Temperatur sicher zu bestimmen, liefs man sie vor jeder Wägung etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde im Wasserbade, dessen Temperatur während dieser Zeit möglichst constant erhalten wurde.

Die zu den Temperaturbestimmungen benutzten Thermometer waren in 0,1° getheilt und wurden mehrmals sorgfältig mit einander verglichen; das zu den Dichtigkeitsbestimmungen gebrauchte war ein in 0,1° getheiltes Normalthermometer, dessen feste Punkte mehrmals controllirt wurden. Die Theilung an diesem und an dem bei Messung der Brechungsexponenten des Schwefelkohlenstoffs und seiner Gemische mit Alkohol benutzten Thermometer war so grofs, dafs man mit Sicherheit halbe zehntel Grade ablesen konnte.

### 3.

Die nachfolgend mitgetheilten Tabellen enthalten die beobachteten Brechungsexponenten und Dichtigkeiten, ungefähr in der Reihenfolge, in welcher sie beobachtet wurden. Die Brechungsexponenten für die drei Linien des Wasserstoffspectrums sind mit  $n\alpha$ ,  $n\beta$ ,  $n\gamma$  bezeichnet. Für jeden der Strahlen enthalten die Tabellen 4 Columnen, die erste derselben enthält die Temperaturen, die zweite die diesen entsprechenden aus dem Minimum der Ablenkung und dem brechenden Winkel abgeleiteten Brechungsexponenten, die dritte enthält die mit der unter der betreffenden Columnne angegebenen Interpolationsformel berechneten Brechungsexponenten, und die letzte die Differenzen zwischen Columnne drei und zwei.

Die als beobachtet angegebenen Brechungsexponenten sind alle zweimal gerechnet, einmal von mir selbst und dann von meinem Assistenten Hrn. stud. Gundermann, und schliesslich wurden die Resultate mit einander verglichen.

Unter den einzelnen, die Brechungsexponenten enthaltenden Tabellen sind die Dichtigkeiten der betreffenden Flüssigkeiten angeführt. Die Beobachtungen der Dichtigkeiten erstreckten sich ungefähr über dasselbe Temperaturintervall. In den kleinen Tabellen enthält die erste Columne die Temperaturen, die zweite, die aus den Beobachtungen abgeleitete Dichtigkeit, die dritte, die nach der am Ende der Tabelle angegebenen Interpolationsformel berechneten Dichtigkeiten, und die letzte Columne die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung.

Auch die Dichtigkeiten sind zweimal nachgerechnet.

(Hier folgt Tabelle I bis XVI.)

enten  
dann  
und  
en.  
enthal-  
enden  
chtig-  
atur-  
Co-  
bach-  
er am  
rech-  
enzen

## Tabell

## Brechungsexponente

Das Glycerin war nicht vollkommen wasserfrei, aus der bezeichnet und vollkommen wasserklar.

| T    | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T    | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------|------------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|
|      | beob.      | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |
| 16,5 | 1,448775   | 1,448805 | - 30     | 15,6 | 1,456692  | 1,456719 | - 27     |
| 17,2 | 1,448650   | 1,448619 | + 31     | 17,2 | 1,456237  | 1,456293 | - 56     |
| 17,4 | 1,448559   | 1,448566 | - 7      | 17,5 | 1,456187  | 1,456213 | - 26     |
| 18,6 | 1,448283   | 1,448248 | + 35     | 19,1 | 1,455734  | 1,455788 | - 54     |
| 19,2 | 1,448100   | 1,448089 | + 11     | 19,5 | 1,455690  | 1,455681 | + 9      |
| 19,5 | 1,448005   | 1,448010 | - 5      | 20,1 | 1,455506  | 1,455522 | - 16     |
| 20,3 | 1,447735   | 1,447798 | - 63     | 20,6 | 1,455414  | 1,455389 | + 25     |
| 20,5 | 1,447740   | 1,447745 | - 5      | 22,9 | 1,454843  | 1,454778 | + 65     |
| 20,8 | 1,447690   | 1,447665 | + 25     | 23,9 | 1,454548  | 1,454511 | + 37     |
| 23,4 | 1,447043   | 1,446976 | + 67     | 24,6 | 1,454365  | 1,454325 | + 40     |
| 24,4 | 1,446685   | 1,446707 | - 22     | 25,0 | 1,454273  | 1,454218 | + 55     |
| 25,6 | 1,446365   | 1,446383 | - 18     | 26,5 | 1,453771  | 1,453819 | - 48     |

$$n\alpha = 1,453177 - 0,000265 T$$

$$n\beta = 1,460868 - 0,000266 T$$

## Tabell

## Brechungsexponenten der Mis

| T    | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T    | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------|------------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|
|      | beob.      | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |
| 15,0 | 1,422456   | 1,422500 | - 44     | 18,2 | 1,429239  | 1,429295 | - 56     |
| 18,3 | 1,421947   | 1,421944 | + 3      | 18,5 | 1,429239  | 1,429225 | + 14     |
| 18,7 | 1,421900   | 1,421854 | + 46     | 19,0 | 1,429100  | 1,429110 | - 10     |
| 19,2 | 1,421709   | 1,421735 | - 26     | 19,5 | 1,428961  | 1,428992 | - 31     |
| 20,5 | 1,421434   | 1,421436 | - 2      | 20,2 | 1,428870  | 1,428832 | + 38     |
| 28,2 | 1,419682   | 1,419658 | + 24     | 23,8 | 1,428040  | 1,427997 | + 43     |
|      |            |          |          | 26,8 | 1,427303  | 1,427303 | 00       |

$$n\alpha = 1,426172 - 0,000231 T$$

$$n\beta = 1,433518 - 0,000232 T$$

## Tabell

## Brechungsexponenten der Mis

| T    | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T    | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------|------------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|
|      | beob.      | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |
| 14,5 | 1,387105   | 1,387078 | + 27     | 14,5 | 1,393716  | 1,393780 | - 64     |
| 17,6 | 1,386500   | 1,386504 | - 4      | 18,0 | 1,393187  | 1,393129 | + 58     |
| 17,9 | 1,386404   | 1,386449 | - 45     | 18,8 | 1,393001  | 1,392931 | + 20     |
| 19,2 | 1,386121   | 1,386209 | - 87     | 21,6 | 1,392487  | 1,392460 | + 27     |
| 21,8 | 1,385747   | 1,385727 | + 20     | 22,1 | 1,392394  | 1,392366 | + 28     |
| 23,7 | 1,385325   | 1,385376 | - 51     | 23,5 | 1,392066  | 1,392106 | - 40     |
| 25,7 | 1,385091   | 1,385006 | + 85     | 25,5 | 1,391740  | 1,391734 | + 6      |
| 25,8 | 1,385043   | 1,384987 | + 56     | 25,6 | 1,391692  | 1,391716 | - 24     |

$$n\alpha = 1,389760 - 0,000185 T$$

$$n\beta = 1,396477 - 0,000186 T$$

Tabelle I.

Exponenten des Glycerins a.

i, aus der Fabrik des Hrn. Dr. Marquart, als im übrigen chemisch rein

|      | $\Delta$ | $T$  | $n\gamma$ |          | $\Delta$ | $T$  | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|------|----------|------|-----------|----------|----------|------|-------------|---------|----------|
|      |          |      | beob.     | ber.     |          |      | beob.       | ber.    |          |
| 1919 | -27      | 12,2 | 1,461796  | 1,461807 | -11      | 16,0 | 1,22439     | 1,22446 | -7       |
| 293  | -56      | 15,6 | 1,460885  | 1,460899 | -14      | 17,4 | 1,22372     | 1,22358 | +14      |
| 213  | -26      | 17,1 | 1,460477  | 1,460499 | -22      | 19,8 | 1,22195     | 1,22207 | -12      |
| 788  | -54      | 17,2 | 1,460431  | 1,460472 | -41      | 22,1 | 1,22072     | 1,22060 | +12      |
| 881  | +9       | 19,3 | 1,459883  | 1,459911 | -28      | 25,2 | 1,21856     | 1,21863 | -7       |
| 522  | -16      | 20,1 | 1,459792  | 1,459698 | +94      |      |             |         |          |
| 889  | +25      | 22,0 | 1,459200  | 1,459190 | +10      |      |             |         |          |
| 778  | +65      | 23,4 | 1,458836  | 1,458817 | +19      |      |             |         |          |
| 511  | +37      | 24,7 | 1,458466  | 1,458463 | -3       |      |             |         |          |
| 325  | +40      |      |           |          |          |      |             |         |          |
| 218  | +55      |      |           |          |          |      |             |         |          |
| 819  | -48      |      |           |          |          |      |             |         |          |

$$00266 T \quad | \quad n\gamma = 1,465064 - 0,000267 T \quad | \quad D = 1,23454 - 0,000630$$

Tabelle II.

a der Mischung 1 Wasser 3,7 Glycerin.

|     | $\Delta$ | $T$  | $n\gamma$ |          | $\Delta$ | $T$  | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|-----|----------|------|-----------|----------|----------|------|-------------|---------|----------|
|     |          |      | beob.     | ber.     |          |      | beob.       | ber.    |          |
| 295 | -56      | 16,0 | 1,433875  | 1,433876 | -1       | 15,5 | 1,17734     | 1,17726 | +8       |
| 225 | +14      | 18,6 | 1,433257  | 1,433272 | -15      | 17,5 | 1,17626     | 1,17624 | +2       |
| 110 | -10      | 18,8 | 1,433244  | 1,433225 | +19      | 19,8 | 1,17485     | 1,17495 | -10      |
| 992 | -31      | 19,8 | 1,432922  | 1,432992 | -70      | 22,0 | 1,17371     | 1,17373 | -2       |
| 832 | +38      | 21,0 | 1,432738  | 1,432711 | +27      | 25,1 | 1,17204     | 1,17200 | +4       |
| 997 | +43      | 26,0 | 1,431587  | 1,431545 | +42      |      |             |         |          |
| 303 | 00       |      |           |          |          |      |             |         |          |

$$00232 T \quad | \quad n\gamma = 1,437604 - 0,000233 T \quad | \quad D = 1,18598 - 0,000557 T$$

Tabelle III.

n der Mischung 1 Wasser, 1 Glycerin. \*

|     | $\Delta$ | $T$  | $n\gamma$ |          | $\Delta$ | $T$  | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|-----|----------|------|-----------|----------|----------|------|-------------|---------|----------|
|     |          |      | beob.     | ber.     |          |      | beob.       | ber.    |          |
| 780 | -64      | 17,6 | 1,396910  | 1,396948 | -38      | 13,6 | 1,10893     | 1,10897 | -4       |
| 129 | +58      | 18,5 | 1,396830  | 1,396780 | +50      | 16,8 | 1,10804     | 1,10199 | +5       |
| 981 | +20      | 22,6 | 1,395943  | 1,396014 | -71      | 17,5 | 1,10730     | 1,10723 | +7       |
| 460 | +27      | 23,0 | 1,395943  | 1,395938 | +5       | 19,8 | 1,10622     | 1,10621 | +1       |
| 366 | +28      | 24,0 | 1,395850  | 1,395751 | +99      | 22,2 | 1,10514     | 1,10215 | -1       |
| 106 | -40      | 24,4 | 1,395666  | 1,395676 | -10      | 25,2 | 1,10374     | 1,10382 | -8       |
| 734 | +6       | 25,0 | 1,395526  | 1,395564 | -38      |      |             |         |          |
| 716 | -24      |      |           |          |          |      |             |         |          |

$$00186 T \quad | \quad n\gamma = 1,400239 - 0,000187 T \quad | \quad D = 1,11500 - 0,000444 T$$

Tabelle  
Brechungsexponenten der Misch

| T    | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T    | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------|------------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|
|      | beob.      | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |
| 12,7 | 1,367651   | 1,367667 | - 16     | 12,7 | 1,374064  | 1,374145 | - 81     |
| 17,6 | 1,366811   | 1,366898 | - 87     | 17,6 | 1,373463  | 1,373375 | + 88     |
| 19,1 | 1,366659   | 1,366668 | - 9      | 17,7 | 1,373263  | 1,373357 | - 94     |
| 19,6 | 1,366613   | 1,366591 | + 22     | 19,4 | 1,373121  | 1,373093 | + 28     |
| 19,9 | 1,366566   | 1,366545 | + 21     | 20,0 | 1,373027  | 1,373000 | + 27     |
| 20,4 | 1,366470   | 1,366467 | + 3      | 20,1 | 1,372979  | 1,372985 | - 6      |
| 21,0 | 1,366376   | 1,366375 | + 1      | 21,2 | 1,372890  | 1,372814 | + 76     |
| 22,1 | 1,366235   | 1,366206 | + 29     | 21,5 | 1,372792  | 1,372768 | + 24     |
| 23,0 | 1,366046   | 1,366067 | - 21     | 22,6 | 1,372555  | 1,372597 | - 42     |
| 24,7 | 1,365810   | 1,365806 | + 4      | 23,5 | 1,372462  | 1,372458 | + 4      |
| 24,8 | 1,365810   | 1,365791 | + 19     | 23,9 | 1,372320  | 1,372394 | - 74     |
| 25,2 | 1,365715   | 1,365728 | - 13     | 25,3 | 1,372227  | 1,372149 | + 48     |

$$n\alpha = 1,369609 - 0,000154 T$$

$$n\beta = 1,376097 - 0,000155 T$$

Tabelle  
Brechungsexponent

| T    | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T    | n $\beta$ |      |
|------|------------|----------|----------|------|-----------|------|
|      | beob.      | ber.     |          |      | beob.     | ber. |
| 12,4 | 1,331872   | 1,331911 | - 39     | 11,7 | 1,337870  |      |
| 14,3 | 1,331651   | 1,331723 | - 72     | 14,1 | 1,337653  |      |
| 16,0 | 1,331525   | 1,331554 | - 29     | 15,1 | 1,337545  |      |
| 16,3 | 1,331474   | 1,331525 | - 51     | 16,3 | 1,337473  |      |
| 20,3 | 1,331184   | 1,331129 | + 55     | 20,3 | 1,337115  |      |
| 20,7 | 1,331148   | 1,331089 | + 59     | 20,7 | 1,337076  |      |
| 20,9 | 1,331110   | 1,331069 | + 41     | 20,8 | 1,337003  |      |
| 21,0 | 1,331110   | 1,331059 | + 51     | 22,0 | 1,336968  |      |
| 22,2 | 1,330967   | 1,330940 | + 27     | 22,6 | 1,336895  |      |
| 22,7 | 1,330890   | 1,330891 | - 1      | 23,0 | 1,336860  |      |
| 24,3 | 1,330750   | 1,330733 | + 17     | 24,0 | 1,336751  |      |
| 25,3 | 1,330680   | 1,330634 | + 46     | 24,8 | 1,336668  |      |
| 25,5 | 1,330641   | 1,330614 | + 27     | 26,2 | 1,336595  |      |
| 25,9 | 1,330568   | 1,330574 | - 6      | 26,5 | 1,336462  |      |
| 29,0 | 1,330278   | 1,330267 | + 11     | 26,9 | 1,336499  |      |
| 29,5 | 1,330170   | 1,330218 | - 48     | 28,5 | 1,336282  |      |
| 30,0 | 1,330133   | 1,330168 | - 35     | 28,8 | 1,336210  |      |
| 30,9 | 1,330097   | 1,330079 | + 18     | 30,6 | 1,336065  |      |
| 31,7 | 1,330025   | 1,330000 | + 25     | 31,7 | 1,335885  |      |
| 36,5 | 1,329445   | 1,329524 | - 79     | 32,7 | 1,335858  |      |
|      |            |          |          | 32,8 | 1,335849  |      |

$$n\alpha = 1,333138 - 0,000099 T$$

$$n\beta = 1,339101 -$$

Die Brechungsexponenten des Wassers sind schon mehrfach  
mir gefundenen Werthe stimmen mit jenen dieses Beobachters in  
überein. Zur Vergleichung stelle ich die, gleichen Temperaturen

1) Landolt, Diese Annalen Bd. 117.



Tabelle IV.

der Mischung 1 Wasser,  $\frac{1}{2}$  Glycerin.

|    | $\Delta$ | $T$               | $n\gamma$ |          | $\Delta$ | $T$               | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|----|----------|-------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------|---------|----------|
|    |          |                   | beob.     | ber.     |          |                   | beob.       | ber.    |          |
| 45 | - 81     | 17,1 <sup>*</sup> | 1,376887  | 1,376900 | - 13     | 15,1 <sup>*</sup> | 1,06998     | 1,06998 | 00       |
| 75 | + 88     | 17,7              | 1,376846  | 1,376806 | + 40     | 17,5              | 1,06911     | 1,06911 | 00       |
| 57 | - 94     | 19,8              | 1,376558  | 1,376478 | + 80     | 19,8              | 1,06831     | 1,06827 | + 4      |
| 93 | + 28     | 20,6              | 1,376276  | 1,376354 | - 78     | 22,0              | 1,06751     | 1,06746 | + 5      |
| 90 | + 27     | 21,2              | 1,376229  | 1,376260 | - 31     | 25,2              | 1,06618     | 1,06629 | - 11     |
| 35 | - 6      | 21,7              | 1,376135  | 1,376182 | - 47     |                   |             |         |          |
| 14 | + 76     | 22,3              | 1,376181  | 1,376143 | + 38     |                   |             |         |          |
| 38 | + 24     | 24,2              | 1,375805  | 1,375792 | + 13     |                   |             |         |          |
| 97 | - 42     |                   |           |          |          |                   |             |         |          |
| 58 | + 4      |                   |           |          |          |                   |             |         |          |
| 94 | - 74     |                   |           |          |          |                   |             |         |          |
| 99 | + 48     |                   |           |          |          |                   |             |         |          |

$$n = 1,379567 - 0,000156 T$$

$$D = 1,07549 - 0,000365 T$$

Tabelle V.

Exponenten des Wassers.

| $n\beta$ |          | $\Delta$ | $T$  | $n\gamma$ |          | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|
| beob.    | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |
| 1,337870 | 1,337943 | - 73     | 12,8 | 1,340933  | 1,341023 | - 90     |
| 1,337653 | 1,337705 | - 52     | 14,0 | 1,340904  | 1,340904 | 00       |
| 1,337545 | 1,337606 | - 61     | 15,3 | 1,340717  | 1,340775 | - 58     |
| 1,337473 | 1,337488 | - 15     | 16,3 | 1,340645  | 1,340676 | - 31     |
| 1,337115 | 1,337092 | + 23     | 20,0 | 1,340356  | 1,340310 | + 46     |
| 1,337076 | 1,337052 | + 24     | 20,5 | 1,340284  | 1,340261 | + 23     |
| 1,337003 | 1,337042 | - 39     | 20,8 | 1,340284  | 1,340232 | + 53     |
| 1,336968 | 1,336923 | + 45     | 23,0 | 1,340066  | 1,340013 | + 53     |
| 1,336895 | 1,336864 | + 31     | 23,2 | 1,340066  | 1,339994 | + 72     |
| 1,336860 | 1,336825 | + 35     | 23,5 | 1,340033  | 1,339964 | + 69     |
| 1,336751 | 1,336725 | + 26     | 24,5 | 1,339900  | 1,339865 | + 35     |
| 1,336668 | 1,336646 | + 22     | 26,8 | 1,339672  | 1,339637 | + 35     |
| 1,336535 | 1,336508 | + 27     | 27,7 | 1,339492  | 1,339548 | - 56     |
| 1,336462 | 1,336478 | - 16     | 27,9 | 1,339528  | 1,339528 | 00       |
| 1,336499 | 1,336439 | + 60     | 31,0 | 1,339132  | 1,339221 | - 89     |
| 1,336282 | 1,336280 | + 2      | 33,6 | 1,338912  | 1,338964 | - 52     |
| 1,336210 | 1,336250 | - 40     | 34,7 | 1,338807  | 1,338855 | - 48     |
| 1,336065 | 1,336072 | - 7      |      |           |          |          |
| 1,335885 | 1,335963 | - 78     |      |           |          |          |
| 1,335858 | 1,335864 | + 6      |      |           |          |          |
| 1,335849 | 1,335854 | - 5      |      |           |          |          |

$$n = 1,339101 - 0,000099 T$$

$$n\gamma = 1,342290 - 0,000099 T$$

schon mehrfach, zuletzt von Hrn. Landolt<sup>1)</sup> bestimmt worden; die von Beobachtern im Allgemeinen bis auf einige Einheiten der fünften Decimale Temperaturen entsprechenden Beobachtungen aus beiden Reihen zusammen:

|       | $n_{\alpha}$ | $n_{\beta}$ |
|-------|--------------|-------------|
|       | Landolt      | Wüllner     |
| 16°,0 | 1,33149      | 1,331525    |
| 21 ,0 | 1,33101      | 1,331110    |
| 29 ,0 | 1,33020      | 1,330278    |
| 30 ,0 | 1,33010      | 1,330133    |

|     | $n_{\beta}$ |
|-----|-------------|
|     | Landolt     |
| 22° | 1,3368      |
| 23  | 1,3368      |
| 24  | 1,3366      |

Tabel

## Brechungsexponent

Zu den Gemischen aus Alkohol und Glycerin wurde angewandt, da das zu den vorigen Versuchen benutzte Präparat bekommen konnte. Dieses Glycerin, sehr zähflüssig, war schwarz.

| $T$  | $n_{\alpha}$ |          | $A$  | $T$  | $n_{\beta}$ |          | $A$  |
|------|--------------|----------|------|------|-------------|----------|------|
|      | beob.        | ber.     |      |      | beob.       | ber.     |      |
| 15,1 | 1,459609     | 1,459574 | + 35 | 15,0 | 1,467253    | 1,467296 | - 43 |
| 15,2 | 1,459518     | 1,459547 | - 29 | 16,2 | 1,466934    | 1,466971 | - 37 |
| 19,7 | 1,458333     | 1,458332 | + 1  | 17,1 | 1,466753    | 1,466727 | + 26 |
| 20,0 | 1,458242     | 1,458251 | - 9  | 17,9 | 1,466470    | 1,466520 | - 50 |
| 20,4 | 1,458060     | 1,458143 | - 83 | 20,1 | 1,465922    | 1,465914 | + 8  |
| 20,9 | 1,458014     | 1,458008 | + 6  | 20,7 | 1,465787    | 1,465752 | + 35 |
| 21,4 | 1,457878     | 1,457873 | + 5  | 21,8 | 1,465480    | 1,465454 | + 26 |
| 24,2 | 1,457150     | 1,457117 | + 33 | 23,8 | 1,464935    | 1,464911 | + 24 |
| 24,4 | 1,457013     | 1,457063 | - 50 | 25,9 | 1,464340    | 1,464341 | - 1  |
| 25,1 | 1,456874     | 1,456874 | 00   | 31,2 | 1,462888    | 1,462879 | + 9  |
| 32,0 | 1,455004     | 1,455011 | - 7  |      |             |          |      |

$$n_{\alpha} = 1,463651 - 0,000270 T$$

$$n_{\beta} = 1,471357 - 0,000271 T$$

Tabel

## Brechungsexponenten der M

| $T$  | $n_{\alpha}$ |          | $A$  | $T$  | $n_{\beta}$ |          | $A$  |
|------|--------------|----------|------|------|-------------|----------|------|
|      | beob.        | ber.     |      |      | beob.       | ber.     |      |
| 14,5 | 1,438149     | 1,438219 | - 70 | 14,4 | 1,445627    | 1,445677 | - 50 |
| 15,4 | 1,438008     | 1,437957 | + 51 | 15,4 | 1,445447    | 1,445382 | + 65 |
| 16,6 | 1,437634     | 1,437606 | + 28 | 17,0 | 1,444940    | 1,444911 | + 29 |
| 16,9 | 1,437457     | 1,437518 | - 61 | 17,1 | 1,444848    | 1,444881 | - 33 |
| 17,8 | 1,437220     | 1,437256 | - 36 | 17,6 | 1,444820    | 1,444734 | + 86 |
| 17,9 | 1,437220     | 1,437226 | - 6  | 18,1 | 1,444604    | 1,444586 | + 18 |
| 18,4 | 1,437135     | 1,437080 | + 55 | 19,2 | 1,444252    | 1,444262 | - 10 |
| 18,9 | 1,437000     | 1,426934 | + 66 | 19,3 | 1,444252    | 1,444232 | + 20 |
| 19,8 | 1,436721     | 1,436672 | + 49 | 19,5 | 1,444114    | 1,444172 | - 58 |
| 20,0 | 1,436675     | 1,436613 | + 62 | 21,0 | 1,443748    | 1,443730 | + 18 |
| 20,6 | 1,436400     | 1,436438 | - 38 | 23,6 | 1,443060    | 1,443081 | - 21 |
| 22,6 | 1,435939     | 1,435894 | + 55 | 25,0 | 1,442511    | 1,442550 | - 39 |
| 23,8 | 1,435433     | 1,435504 | - 71 | 26,4 | 1,442110    | 1,442138 | - 28 |
| 24,3 | 1,435299     | 1,435358 | - 59 |      |             |          |      |
| 25,6 | 1,434929     | 1,434978 | - 49 |      |             |          |      |

$$n_{\alpha} = 1,442453 - 0,000292 T$$

$$n_{\beta} = 1,449925 - 0,000295 T$$

| $n_{\beta}$ |          |  | $n_{\gamma}$ |         |          |
|-------------|----------|--|--------------|---------|----------|
| Landolt     | Wüllner  |  | Landolt      | Wüllner |          |
| 1,33689     | 1,336968 |  | 20°          | 1,34038 | 1,340356 |
| 1,33680     | 1,336860 |  | 23           | 1,34008 | 1,340066 |
| 1,33668     | 1,336751 |  |              |         |          |

Tabelle VI.

Exponenten des Glycerins b.

in wurde ein anderes, einen geringeren Wassergehalt besitzendes Glycerin  
 tzte Präparat aufgebraucht war, und ich von eben demselben nichts mehr  
 war schwach gelblich gefärbt.

| er.  | $\Delta$ | $T$  | $n_D$    |          | $\Delta$ | $T$  | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|------|----------|------|----------|----------|----------|------|-------------|---------|----------|
|      |          |      | beob.    | ber.     |          |      | beob.       | ber.    |          |
| 7296 | - 43     | 14,9 | 1,471700 | 1,471680 | + 20     | 14,2 | 1,24179     | 1,24171 | + 8      |
| 6971 | - 37     | 15,0 | 1,471700 | 1,471652 | + 48     | 16,3 | 1,24033     | 1,24038 | - 5      |
| 6727 | + 26     | 15,4 | 1,471609 | 1,471543 | + 66     | 19,6 | 1,23824     | 1,23829 | - 5      |
| 6520 | - 50     | 15,8 | 1,471430 | 1,471435 | - 5      | 27,3 | 1,23340     | 1,23340 | 00       |
| 5914 | + 8      | 16,8 | 1,471075 | 1,471163 | - 88     |      |             |         |          |
| 5752 | + 35     | 17,9 | 1,470883 | 1,470863 | + 20     |      |             |         |          |
| 5454 | + 26     | 20,3 | 1,470122 | 1,470211 | - 89     |      |             |         |          |
| 4911 | + 24     | 22,1 | 1,469773 | 1,469716 | + 57     |      |             |         |          |
| 4431 | - 1      | 22,3 | 1,469613 | 1,469667 | - 54     |      |             |         |          |
| 2879 | + 9      | 23,1 | 1,469477 | 1,469440 | + 28     |      |             |         |          |
|      |          | 26,6 | 1,468477 | 1,468497 | - 20     |      |             |         |          |
|      |          | 27,8 | 1,468206 | 1,468170 | + 36     |      |             |         |          |

$$000271 \text{ } T \quad n_D = 1,475732 - 0,000272 \text{ } T \quad D = 1,25073 - 0,000635$$

Tabelle VII.

en der Mischung 1 Alkohol 4 Glycerin.

| er.   | $\Delta$ | $T$  | $n_D$    |          | $\Delta$ | $T$  | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|-------|----------|------|----------|----------|----------|------|-------------|---------|----------|
|       |          |      | beob.    | ber.     |          |      | beob.       | ber.    |          |
| 5677  | - 50     | 17,1 | 1,449200 | 1,449175 | + 25     | 13,8 | 1,13244     | 1,13245 | - 1      |
| 5382  | + 65     | 17,2 | 1,449153 | 1,449144 | + 9      | 14,2 | 1,13219     | 1,13218 | + 1      |
| 4911  | + 29     | 17,4 | 1,449110 | 1,449085 | + 25     | 16,3 | 1,13085     | 1,13080 | + 5      |
| 4881  | - 33     | 17,7 | 1,449016 | 1,448996 | + 20     | 20,3 | 1,12814     | 1,12815 | - 1      |
| 4734  | + 86     | 19,8 | 1,448330 | 1,448374 | - 44     | 27,7 | 1,12337     | 1,12340 | - 3      |
| 4586  | + 18     | 22,6 | 1,447505 | 1,447523 | - 18     |      |             |         |          |
| 4262  | - 10     | 26,8 | 1,446315 | 1,446302 | + 13     |      |             |         |          |
| 4232  | + 20     | 27,2 | 1,446130 | 1,446184 | - 54     |      |             |         |          |
| 4172  | - 58     | 28,6 | 1,445810 | 1,445770 | + 40     |      |             |         |          |
| 43730 | + 18     | 29,8 | 1,445400 | 1,445415 | - 15     |      |             |         |          |
| 43081 | - 21     |      |          |          |          |      |             |         |          |
| 42550 | - 39     |      |          |          |          |      |             |         |          |
| 42138 | - 28     |      |          |          |          |      |             |         |          |

$$000295 \text{ } T \quad n_D = 1,454235 - 0,000206 \text{ } T \quad D = 1,14155 - 0,000660 \text{ } T$$

Tabelle

## Brechungsexponenten der Misch

| T                                  | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T                                 | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------------------------------------|------------|----------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|
|                                    | beob.      | ber.     |          |                                   | beob.     | ber.     |          |
| 14,8 <sup>*</sup>                  | 1,423500   | 1,423515 | - 15     | 14,8 <sup>*</sup>                 | 1,430639  | 1,430590 | + 49     |
| 15,3                               | 1,423364   | 1,423364 | 00       | 15,3                              | 1,430503  | 1,430436 | + 67     |
| 16,2                               | 1,423057   | 1,423088 | - 31     | 15,8                              | 1,430300  | 1,430282 | + 18     |
| 16,9                               | 1,422852   | 1,422875 | - 23     | 17,0                              | 1,429926  | 1,429912 | + 14     |
| 17,6                               | 1,422648   | 1,422661 | - 13     | 17,4                              | 1,429757  | 1,429789 | - 32     |
| 18,1                               | 1,422546   | 1,422509 | + 37     | 18,4                              | 1,429451  | 1,429481 | - 30     |
| 19,8                               | 1,422043   | 1,421986 | + 48     | 19,4                              | 1,429112  | 1,429173 | - 61     |
| 20,2                               | 1,421897   | 1,421868 | + 29     | 20,6                              | 1,428773  | 1,428803 | - 30     |
| 22,5                               | 1,421215   | 1,421166 | + 49     | 22,2                              | 1,428297  | 1,428211 | - 14     |
| 27,6                               | 1,419574   | 1,419611 | - 37     | 25,4                              | 1,427346  | 1,427325 | + 21     |
|                                    |            |          |          | 27,0                              | 1,426836  | 1,426832 | + 4      |
| n $\alpha$ = 1,428029 - 0,000305 T |            |          |          | n $\beta$ = 1,435148 - 0,000308 T |           |          |          |

Tabelle

## Brechungsexponenten der Misch

| T                                  | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T                                | n $\beta$ |          | $\Delta$ |
|------------------------------------|------------|----------|----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
|                                    | beob.      | ber.     |          |                                  | beob.     | ber.     |          |
| 17,7 <sup>n</sup>                  | 1,405644   | 1,405697 | - 23     | 17,7                             | 1,412430  | 1,412440 | - 10     |
| 19,3                               | 1,405169   | 1,405169 | 00       | 19,4                             | 1,411846  | 1,411874 | - 28     |
| 20,0                               | 1,404920   | 1,404936 | - 16     | 19,8                             | 1,411777  | 1,411741 | + 36     |
| 20,2                               | 1,404886   | 1,404872 | + 14     | 20,4                             | 1,411570  | 1,411541 | + 29     |
| 21,7                               | 1,404437   | 1,404377 | + 60     | 21,0                             | 1,411364  | 1,411341 | + 23     |
| 24,7                               | 1,403400   | 1,403387 | + 13     | 24,0                             | 1,410264  | 1,410342 | - 78     |
| 25,2                               | 1,403227   | 1,403222 | + 5      | 25,8                             | 1,409748  | 1,409743 | + 5      |
| 28,3                               | 1,402155   | 1,402199 | - 44     | 27,5                             | 1,409197  | 1,409177 | + 20     |
| n $\alpha$ = 1,411538 - 0,000330 T |            |          |          | n $\beta$ = 1,418334 = 0,00333 T |           |          |          |

Tabelle VIII.

n der Mischung 1 Alkohol 2 Glycerin.

|        | $\Delta$ | $T$               | $n\gamma$                         |          | $\Delta$ | $T$                        | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|--------|----------|-------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------------------------|-------------|---------|----------|
|        |          |                   | beob.                             | ber.     |          |                            | beob.       | ber.    |          |
| 590    | + 49     | 15,0 <sup>*</sup> | 1,434532                          | 1,434510 | + 22     | 13,0 <sup>*</sup>          | 1,06478     | 1,06478 | 00       |
| 436    | + 67     | 15,3              | 1,434499                          | 1,434411 | + 88     | 15,7                       | 1,06278     | 1,06282 | - 4      |
| 282    | + 18     | 15,8              | 1,434295                          | 1,434262 | + 33     | 18,7                       | 1,06077     | 1,06065 | + 12     |
| 912    | + 14     | 17,2              | 1,433788                          | 1,433828 | - 40     | 20,6                       | 1,05923     | 1,05927 | - 4      |
| 789    | - 32     | 18,8              | 1,433348                          | 1,433332 | + 16     | 23,1                       | 1,05750     | 1,05745 | + 5      |
| 481    | - 30     | 19,0              | 1,433213                          | 1,433270 | - 57     | 25,5                       | 1,05564     | 1,05571 | - 7      |
| 173    | - 61     | 21,1              | 1,432570                          | 1,432619 | - 49     |                            |             |         |          |
| 803    | - 30     | 21,8              | 1,432367                          | 1,432402 | - 35     |                            |             |         |          |
| 211    | - 14     | 25,8              | 1,431181                          | 1,431172 | + 19     |                            |             |         |          |
| 325    | + 21     | 26,4              | 1,430978                          | 1,430976 | + 2      |                            |             |         |          |
| 832    | + 4      |                   |                                   |          |          |                            |             |         |          |
| 0308 T |          |                   | $n\gamma = 1,439160 - 0,000310 T$ |          |          | $D = 1,07420 - 0,000725 T$ |             |         |          |

Tabelle IX.

n der Mischung 1 Alkohol 0,998 Glycerin.

|       | $\Delta$ | $T$               | $n\gamma$                   |          | $\Delta$ | $T$                        | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|-------|----------|-------------------|-----------------------------|----------|----------|----------------------------|-------------|---------|----------|
|       |          |                   | beob.                       | ber.     |          |                            | beob.       | ber.    |          |
| 440   | - 10     | 17,6 <sup>*</sup> | 1,416306                    | 1,416300 | + 6      | 20,5 <sup>*</sup>          | 0,98212     | 0,98211 | + 1      |
| 374   | - 28     | 19,3              | 1,415758                    | 1,415728 | + 30     | 22,7                       | 0,98042     | 0,98046 | - 4      |
| 741   | + 36     | 19,4              | 1,415690                    | 1,415695 | - 5      | 25,3                       | 0,97854     | 0,97851 | + 3      |
| 541   | + 29     | 20,6              | 1,415313                    | 1,415292 | + 21     |                            |             |         |          |
| 341   | + 23     | 20,8              | 1,415245                    | 1,415225 | + 20     |                            |             |         |          |
| 342   | - 78     | 23,4              | 1,414284                    | 1,414348 | - 64     |                            |             |         |          |
| 743   | + 5      | 26,3              | 1,413391                    | 1,413376 | + 15     |                            |             |         |          |
| 177   | + 20     | 26,9              | 1,413151                    | 1,413176 | - 25     |                            |             |         |          |
| 333 T |          |                   | $n = 1,422213 - 0,000336 T$ |          |          | $D = 0,99748 - 0,000750 T$ |             |         |          |

## Tabelle

## Brechungsexponenten der Mischung

| T    | n $\alpha$ |          | A    | T    | n $\beta$ |          | A    |
|------|------------|----------|------|------|-----------|----------|------|
|      | beob.      | ber.     |      |      | beob.     | ber.     |      |
| 16,4 | 1,392529   | 1,392527 | + 2  | 16,4 | 1,399087  | 1,399123 | - 36 |
| 17,4 | 1,392175   | 1,392171 | + 4  | 17,4 | 1,398812  | 1,398763 | + 49 |
| 17,6 | 1,392070   | 1,392100 | - 30 | 17,7 | 1,398677  | 1,398654 | + 23 |
| 18,6 | 1,391722   | 1,391724 | - 2  | 18,4 | 1,398393  | 1,398403 | - 10 |
| 18,8 | 1,391654   | 1,391673 | - 19 | 18,9 | 1,398183  | 1,398122 | - 39 |
| 19,4 | 1,391472   | 1,391459 | + 13 | 19,6 | 1,397977  | 1,397971 | + 6  |
| 20,0 | 1,391234   | 1,391245 | - 11 | 19,8 | 1,397908  | 1,397899 | + 9  |
| 20,6 | 1,391060   | 1,391032 | + 28 | 20,4 | 1,397665  | 1,397683 | - 18 |
| 21,2 | 1,390816   | 1,390818 | - 2  | 20,8 | 1,397527  | 1,397538 | - 11 |
| 22,2 | 1,390468   | 1,390470 | - 2  | 21,8 | 1,397220  | 1,397178 | + 42 |
| 22,8 | 1,390255   | 1,390249 | + 6  | 22,4 | 1,397007  | 1,396963 | + 44 |
| 23,4 | 1,390015   | 1,390035 | - 20 | 23,1 | 1,396763  | 1,396710 | + 53 |
| 24,3 | 1,389735   | 1,389715 | + 20 | 23,8 | 1,396485  | 1,396458 | + 27 |
| 25,5 | 1,389282   | 1,389287 | - 5  | 23,8 | 1,396451  | 1,396458 | - 7  |
| 25,8 | 1,389177   | 1,389181 | - 4  | 25,2 | 1,395895  | 1,395854 | - 59 |
| 26,2 | 1,389108   | 1,389038 | + 70 | 25,5 | 1,395791  | 1,395845 | - 55 |
| 29,5 | 1,387817   | 1,387873 | - 56 | 27,0 | 1,395340  | 1,395306 | + 34 |
|      |            |          |      | 29,0 | 1,394540  | 1,394586 | - 46 |

$$n\alpha = 1,398365 - 0,000356 T$$

$$n\beta = 1,405026 - 0,000360 T$$

## Tabelle

## Brechungsexponent

| T     | n $\alpha$ |          | A    | T     | n $\beta$ |      |
|-------|------------|----------|------|-------|-----------|------|
|       | beob.      | ber.     |      |       | beob.     | ber. |
| *15,0 | 1,362644   | 1,362596 | + 48 | *15,9 | 1,368382  |      |
| *15,8 | 1,362319   | 1,362285 | + 34 | 16,0  | 1,368295  |      |
| 15,9  | 1,362177   | 1,362246 | - 69 | *16,5 | 1,368219  |      |
| 17,6  | 1,361541   | 1,361585 | - 44 | 17,7  | 1,367640  |      |
| *18,5 | 1,361272   | 1,361244 | + 28 | 18,5  | 1,367321  |      |
| 18,7  | 1,361147   | 1,361157 | - 10 | *19,2 | 1,367101  |      |
| *18,9 | 1,361130   | 1,361079 | + 51 | 20,0  | 1,366718  |      |
| 19,0  | 1,361040   | 1,361040 | 00   | *20,3 | 1,366661  |      |
| 20,1  | 1,360542   | 1,360612 | - 70 | 20,6  | 1,366506  |      |
| 20,4  | 1,360435   | 1,360495 | - 60 | *20,9 | 1,366330  |      |
| *20,5 | 1,360451   | 1,360456 | - 5  | 21,1  | 1,366330  |      |
| *20,8 | 1,360278   | 1,360340 | - 62 | 21,4  | 1,366187  |      |
| *21,2 | 1,360142   | 1,360184 | - 42 | 22,3  | 1,365868  |      |
| 21,6  | 1,360115   | 1,360027 | + 88 | *22,5 | 1,365764  |      |
| 21,7  | 1,359973   | 1,359990 | - 17 | 23,1  | 1,365584  |      |
| 22,0  | 1,359866   | 1,359873 | - 7  | 23,3  | 1,365442  |      |
| *23,0 | 1,359537   | 1,359484 | + 53 | *23,5 | 1,365432  |      |
| 23,7  | 1,359261   | 1,359212 | + 49 | 24,6  | 1,364946  |      |
| *24,0 | 1,359083   | 1,359095 | - 12 | 24,8  | 1,364875  |      |
| *24,1 | 1,359031   | 1,359057 | - 26 | *25,2 | 1,364771  |      |
| 24,2  | 1,359012   | 1,359018 | - 6  |       |           |      |
| 25,2  | 1,358692   | 1,358629 | + 63 |       |           |      |

$$n\alpha = 1,368431 - 0,000389 T$$

$$n\beta = 1,374601$$

Tabelle X.

Mischung 1 Alkohol 0,4997 Glycerin.

| ny       |      |       |          | Dichtigkeit |      |       |         |          |     |
|----------|------|-------|----------|-------------|------|-------|---------|----------|-----|
| $\Delta$ | $T$  | beob. | ber.     | $\Delta$    | $T$  | beob. | ber.    | $\Delta$ |     |
| 3        | - 36 | 16,4  | 1,402860 | 1,402895    | - 35 | 15,2  | 0,92485 | 0,92486  | - 1 |
| 3        | + 49 | 17,0  | 1,402730 | 1,402677    | + 53 | 18,1  | 0,92253 | 0,92253  | 00  |
| 4        | + 23 | 17,4  | 1,402584 | 1,402532    | + 52 | 20,3  | 0,92075 | 0,92076  | - 1 |
| 3        | - 10 | 17,9  | 1,402377 | 1,402350    | + 27 | 22,6  | 0,91896 | 0,91891  | + 5 |
| 2        | - 39 | 18,2  | 1,402272 | 1,402242    | + 30 | 25,3  | 0,91672 | 0,91673  | - 1 |
| 1        | + 6  | 19,2  | 1,401822 | 1,401879    | - 57 |       |         |          |     |
| 9        | + 9  | 19,6  | 1,401718 | 1,401733    | - 15 |       |         |          |     |
| 3        | - 18 | 19,8  | 1,401718 | 1,401661    | + 57 |       |         |          |     |
| 8        | - 11 | 20,2  | 1,401545 | 1,401516    | + 29 |       |         |          |     |
| 8        | + 42 | 21,1  | 1,401165 | 1,401189    | - 24 |       |         |          |     |
| 3        | + 44 | 21,4  | 1,401061 | 1,401080    | - 19 |       |         |          |     |
| 0        | + 53 | 22,0  | 1,400853 | 1,400862    | - 9  |       |         |          |     |
| 8        | + 27 | 22,6  | 1,400631 | 1,400654    | - 23 |       |         |          |     |
| 8        | - 7  | 23,5  | 1,400300 | 1,400317    | - 17 |       |         |          |     |
| 4        | - 59 | 25,0  | 1,399780 | 1,399773    | + 7  |       |         |          |     |
| 5        | - 55 | 27,8  | 1,398740 | 1,398756    | - 16 |       |         |          |     |
| 6        | + 34 | 28,4  | 1,398497 | 1,398539    | - 42 |       |         |          |     |
| 6        | - 46 |       |          |             |      |       |         |          |     |

$\beta = 1,408848 - 0,000363 T$

$D = 0,93710 - 0,000805 T$

Tabelle XI.

Exponenten des Alkohols.

| $n_D$    |          | $\Delta$ | $T$   | $n_D$    |          | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|
| beob.    | ber.     |          |       | beob.    | ber.     |          |
| 1,368382 | 1,368369 | +13      | 15,9  | 1,371917 | 1,371878 | +39      |
| 1,368295 | 1,368329 | -34      | 16,0  | 1,371847 | 1,371838 | +9       |
| 1,368219 | 1,368133 | +86      | *16,4 | 1,371757 | 1,371680 | +77      |
| 1,367640 | 1,367663 | -23      | *16,5 | 1,371663 | 1,371639 | +24      |
| 1,367321 | 1,367349 | -28      | 17,8  | 1,371105 | 1,371127 | -22      |
| 1,367101 | 1,367075 | +26      | 18,4  | 1,370823 | 1,370890 | -67      |
| 1,366718 | 1,366762 | -44      | *19,4 | 1,370505 | 1,370496 | +9       |
| 1,366661 | 1,366644 | +17      | 19,7  | 1,370398 | 1,370376 | +22      |
| 1,366506 | 1,366526 | -20      | 20,8  | 1,369903 | 1,369942 | -39      |
| 1,366330 | 1,366408 | -78      | 21,1  | 1,369794 | 1,369824 | -30      |
| 1,366330 | 1,366330 | 00       | *21,2 | 1,369804 | 1,369783 | +21      |
| 1,366187 | 1,366212 | -25      | *22,1 | 1,369446 | 1,369429 | +17      |
| 1,365868 | 1,366160 | +8       | 22,6  | 1,369232 | 1,369231 | +1       |
| 1,365764 | 1,365781 | -17      | *22,9 | 1,369055 | 1,369112 | -57      |
| 1,365584 | 1,365556 | +28      | 23,8  | 1,368736 | 1,368757 | -21      |
| 1,365442 | 1,365468 | -26      | 24,4  | 1,368560 | 1,368520 | +40      |
| 1,365432 | 1,365389 | +43      | 25,2  | 1,368205 | 1,368204 | +1       |
| 1,364946 | 1,364958 | -12      | 25,5  | 1,368061 | 1,368085 | -24      |
| 1,364875 | 1,364898 | -23      |       |          |          |          |
| 1,364771 | 1,364723 | +43      |       |          |          |          |

$\beta = 1,374601 - 0,000392 T$

$n_D = 1,378158 - 0,000395 T$

Die Brechungsexponenten des Alkohols sind von Hrn. Landolt ebenfalls gemessen worden, er findet bei zwei verschiedenen Präparaten für die Temperatur 20°

| $n_a$   | $n_\beta$ | $n_\gamma$ |
|---------|-----------|------------|
| 1,36054 | 1,36665   | 1,36997    |
| 1,36050 | 1,36660   | 1,37010    |

während aus obiger Tabelle für die Temperatur von 20° sich ergibt 1,360651 1,366718 1,370253

Die in der Tabelle XI mitgetheilten Zahlen sind ebenfalls an zwei Präparaten erhalten, die an dem ersten Präparate, welches zu den Mischungen des Alkohol mit dem Glycerin benutzt wurde, sind mit einem Asterisk bezeichnet. Wie man sieht, fallen die Werthe beider Präparate so gut zusammen, dass man sie durch ein und dieselbe Interpolationsformel darstellen kann; die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung überschreiten, wie nachher noch besonders nachgewiesen wird, durchaus nicht die Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

Die Dichtigkeit beider Präparate fand sich auch nur sehr wenig verschieden, der Ausdehnungscoefficient ganz gleich. Für das erste Präparat ergab sich die Dichtigkeit darstellbar durch die Gleichung  $D = 0,81281 - 0,00085 T$  wie folgende Zahlen zeigen

| $T$  | $D$ beob. | $D$ ber. | $\Delta$ |
|------|-----------|----------|----------|
| 11,2 | 0,80328   | 0,80339  | - 11     |
| 17,7 | 0,79785   | 0,79777  | + 8      |
| 21,5 | 0,79456   | 0,79454  | + 2      |

Die Dichtigkeit des zweiten zu den Mischungen Alkohol mit

Tabelle X  
Brechungsexponenten der gesättigten

Die Lösung des Chlorzinks, welche Hr. Landolt in seinem Laboratorium ganz geringe Menge freie Salzsäure. Zwei Analysen, bei welchen der Zinkgehalt Es enthielten also 100 Theile Wasser 254,735 Gewichtstheile Chlorzink gelöst.

| $T$  | $n_a$    |          | $\Delta$ | $T$  | $n_\beta$ |          | $\Delta$ | $T$  |
|------|----------|----------|----------|------|-----------|----------|----------|------|
|      | beob.    | ber.     |          |      | beob.     | ber.     |          |      |
| 19,5 | 1,503702 | 1,503641 | + 61     | 19,5 | 1,515640  | 1,515603 | + 37     | 19,5 |
| 20,3 | 1,503446 | 1,503411 | + 35     | 20,3 | 1,515418  | 1,515371 | + 47     | 20,3 |
| 21,3 | 1,503095 | 1,503123 | - 28     | 21,2 | 1,515100  | 1,515109 | - 9      | 21,2 |
| 22,5 | 1,502742 | 1,502777 | - 35     | 22,4 | 1,514815  | 1,514762 | + 53     | 22,4 |
| 22,6 | 1,502678 | 1,502748 | - 70     | 22,8 | 1,514594  | 1,514641 | - 47     | 22,8 |
| 23,5 | 1,502454 | 1,502489 | - 35     | 23,3 | 1,514563  | 1,514501 | + 62     | 23,3 |
| 24,6 | 1,502134 | 1,502172 | - 38     | 24,1 | 1,514183  | 1,514268 | - 85     | 24,1 |
| 24,9 | 1,502134 | 1,502086 | + 48     | 25,5 | 1,513802  | 1,513868 | - 66     | 25,5 |
| 25,1 | 1,502006 | 1,502028 | - 22     | 26,2 | 1,513643  | 1,513659 | - 16     | 26,2 |
| 27,9 | 1,501236 | 1,501222 | + 14     | 27,3 | 1,513358  | 1,513341 | + 17     | 27,3 |
| 28,5 | 1,500980 | 1,501049 | - 69     | 28,5 | 1,513040  | 1,512993 | + 47     | 28,5 |
| 29,1 | 1,500915 | 1,500876 | + 39     | 29,1 | 1,512818  | 1,512818 | 00       | 29,1 |
| 29,7 | 1,500723 | 1,500704 | + 19     | 30,5 | 1,512405  | 1,512410 | - 5      | 30,5 |
| 32,9 | 1,499792 | 1,499792 | + 10     | 32,1 | 1,511928  | 1,511948 | - 20     | 32,1 |
| 33,9 | 1,499535 | 1,499494 | + 41     | 33,3 | 1,511579  | 1,511600 | - 21     | 33,3 |
| 34,3 | 1,499407 | 1,499379 | + 28     | 35,3 | 1,511007  | 1,511021 | - 14     | 35,3 |
| 41,1 | 1,497417 | 1,497420 | - 3      | 40,1 | 1,509640  | 1,509628 | + 12     | 40,1 |



Land- Schwefelkohlenstoff benutzten Präparates liefs sich darstellen  
niede- durch die Gleichung

$$D = 0,81328 - 0,000850 T$$

Dieselbe ergibt sich aus folgenden 4 Beobachtungen zwischen  
15° und 25°

|       | T    | D beob. | D ber.  | $\Delta$ |
|-------|------|---------|---------|----------|
| sich  | 15,0 | 0,80048 | 0,80053 | - 5      |
| ls an | 18,5 | 0,79766 | 0,79756 | + 10     |
| ches  | 22,2 | 0,79431 | 0,79439 | - 8      |
| nutzt | 25,0 | 0,79205 | 0,79204 | + 2      |

Die Beobachtungen von Hrn. Kopp ergeben für die Dichtig-  
keit des Alkohols in dem Temperaturintervall von 15° — 20°  
die Gleichung  $D = 0,809235 - 0,00085 T$

Denn berechnet man nach der Formel von Hrn. Kopp die  
den Temperaturen 15°, 20°, 25° entsprechenden Dichtigkeiten,  
so erhält man

|  |     | nach Kopp | nach der Formel |
|--|-----|-----------|-----------------|
|  | 15° | 0,79648   | 0,796485        |
|  | 20° | 0,79224   | 0,792235        |
|  | 25° | 0,78798   | 0,787985        |

Obige Interpolationsformel giebt diese Werthe bis auf 5 Ein-  
heiten in der 6. Decimale wieder, wie die neben die Kopp'-  
schen gestellten, aus obiger Interpolationsformel berechneten  
Werthe zeigen. Die aus meinen Versuchen abgeleitete Dich-  
tigkeitsabnahme ist also derjenigen, welche Hr. Kopp angiebt  
genau gleich, und ebenso ergibt sich aus beiden Beobachtun-  
gen, dafs man innerhalb des Temperaturintervalls 15° — 25°  
die Dichtigkeiten bis auf die 5. Decimale genau durch eine  
lineare Gleichung wiedergeben kann.

## Tabelle XII.

der gesättigten Lösung von Chlorzink.

Das Laboratorium für mich darstellen liefs, war so concentrirt wie möglich, sie erhielt eine  
der Zinkgehalt der Lösung bestimmt wurde, ergaben den Gehalt der Lösung zu 71,81.  
Zink gelöst.

|   | $\Delta$ | T    | $\eta \gamma$ |          | $\Delta$ | T     | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|---|----------|------|---------------|----------|----------|-------|-------------|---------|----------|
|   |          |      | beob.         | ber.     |          |       | beob.       | ber.    |          |
| 3 | + 37     | 19,5 | 1,522522      | 1,522495 | + 27     | 18,0  | 1,94737     | 1,94741 | - 4      |
| 9 | + 47     | 20,3 | 1,522239      | 1,522262 | - 23     | 20,05 | 1,94505     | 1,94505 | 00       |
| 1 | - 9      | 21,2 | 1,522018      | 1,522000 | + 18     | 23,9  | 1,94063     | 1,94061 | + 2      |
| 2 | + 53     | 22,3 | 1,521735      | 1,521680 | + 55     | 25,95 | 1,93827     | 1,93825 | + 2      |
| 1 | - 47     | 22,9 | 1,521546      | 1,521505 | + 41     | 27,4  | 1,93659     | 1,93657 | + 2      |
| 1 | + 62     | 23,1 | 1,521483      | 1,521447 | + 36     | 31,1  | 1,93230     | 1,93231 | - 1      |
| 8 | - 85     | 23,7 | 1,521262      | 1,521272 | - 10     |       |             |         |          |
| 8 | - 66     | 23,9 | 1,521231      | 1,521214 | + 17     |       |             |         |          |
| 9 | - 16     | 25,9 | 1,520664      | 1,520632 | + 32     |       |             |         |          |
| 1 | + 17     | 26,6 | 1,520443      | 1,520429 | + 14     |       |             |         |          |
| 3 | + 47     | 26,7 | 1,520348      | 1,520399 | - 51     |       |             |         |          |
| 3 | 00       | 27,5 | 1,520096      | 1,520169 | - 73     |       |             |         |          |
| 2 | - 5      | 30,0 | 1,519465      | 1,519444 | + 21     |       |             |         |          |
| 8 | - 20     | 30,9 | 1,519181      | 1,519177 | + 4      |       |             |         |          |
| 0 | - 21     | 31,1 | 1,519086      | 1,519119 | - 33     |       |             |         |          |
| 1 | - 14     | 32,2 | 1,518771      | 1,518799 | - 28     |       |             |         |          |
| 8 | + 12     | 36,1 | 1,517697      | 1,517664 | + 33     |       |             |         |          |
|   |          | 37,9 | 1,517064      | 1,517140 | - 76     |       |             |         |          |

|              |             |              |
|--------------|-------------|--------------|
| $n_{\alpha}$ | $n_{\beta}$ | $n_{\gamma}$ |
| 1,36054      | 1,36665     | 1,36997      |
| 1,36050      | 1,36660     | 1,37010      |

während aus obiger Tabelle für die Temperatur von 20° sich ergibt 1,360651 1,366718 1,370253

Die in der Tabelle XI mitgetheilten Zahlen sind ebenfalls an zwei Präparaten erhalten, die an dem ersten Präparate, welches zu den Mischungen des Alkohol mit dem Glycerin benutzt wurde, sind mit einem Asterisk bezeichnet. Wie man sieht, fallen die Werthe beider Präparate so gut zusammen, dass man sie durch ein und dieselbe Interpolationsformel darstellen kann; die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung überschreiten, wie nachher noch besonders nachgewiesen wird, durchaus nicht die Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

Die Dichtigkeit beider Präparate fand sich auch nur sehr wenig verschieden, der Ausdehnungscoefficient ganz gleich. Für das erste Präparat ergab sich die Dichtigkeit darstellbar durch die Gleichung  $D = 0,81281 - 0,00085 T$  wie folgende Zahlen zeigen

| $T$  | $D$ beob. | $D$ ber. | $\Delta$ |
|------|-----------|----------|----------|
| 11,2 | 0,80328   | 0,80339  | - 11     |
| 17,7 | 0,79785   | 0,79777  | + 8      |
| 21,5 | 0,79456   | 0,79454  | + 2      |

Die Dichtigkeit des zweiten zu den Mischungen Alkohol mit

### Tabelle Brechungsexponenten der gesättigten

Die Lösung des Chlorzinks, welche Hr. Landolt in seinem Laboratorium ganz geringe Menge freie Salzsäure. Zwei Analysen, bei welchen der Zinkgehalt Es enthielten also 100 Theile Wasser 254,735 Gewichtstheile Chlorzink gelöst.

| $T$  | $n_{\alpha}$ |          | $\Delta$ | $T$  | $n_{\beta}$ |          | $\Delta$ | $T$  |
|------|--------------|----------|----------|------|-------------|----------|----------|------|
|      | beob.        | ber.     |          |      | beob.       | ber.     |          |      |
| 19,5 | 1,503702     | 1,503641 | + 61     | 19,5 | 1,515640    | 1,515603 | + 37     | 19,5 |
| 20,3 | 1,503446     | 1,503411 | + 35     | 20,3 | 1,515418    | 1,515371 | + 47     | 20,3 |
| 21,3 | 1,503095     | 1,503123 | - 28     | 21,2 | 1,515100    | 1,515109 | - 9      | 21,2 |
| 22,5 | 1,502742     | 1,502777 | - 35     | 22,4 | 1,514815    | 1,514762 | + 53     | 22,4 |
| 22,6 | 1,502678     | 1,502748 | - 70     | 22,8 | 1,514594    | 1,514641 | - 47     | 22,8 |
| 23,5 | 1,502454     | 1,502489 | - 35     | 23,3 | 1,514563    | 1,514501 | + 62     | 23,3 |
| 24,6 | 1,502134     | 1,502172 | - 38     | 24,1 | 1,514183    | 1,514268 | - 85     | 24,1 |
| 24,9 | 1,502134     | 1,502086 | + 48     | 25,5 | 1,513802    | 1,513868 | - 66     | 25,5 |
| 25,1 | 1,502006     | 1,502028 | - 22     | 26,2 | 1,513643    | 1,513659 | - 16     | 26,2 |
| 27,9 | 1,501236     | 1,501222 | + 14     | 27,3 | 1,513358    | 1,513341 | + 17     | 27,3 |
| 28,5 | 1,500980     | 1,501049 | - 69     | 28,5 | 1,513040    | 1,512993 | + 47     | 28,5 |
| 29,1 | 1,500915     | 1,500876 | + 39     | 29,1 | 1,512818    | 1,512818 | 00       | 29,1 |
| 29,7 | 1,500723     | 1,500704 | + 19     | 30,5 | 1,512405    | 1,512410 | - 5      | 30,5 |
| 32,9 | 1,499792     | 1,499702 | + 10     | 32,1 | 1,511928    | 1,511948 | - 20     | 32,1 |
| 33,9 | 1,499535     | 1,499494 | + 41     | 33,3 | 1,511579    | 1,511600 | - 21     | 33,3 |
| 34,3 | 1,499407     | 1,499379 | + 28     | 35,3 | 1,511007    | 1,511021 | - 14     | 35,3 |
| 41,1 | 1,497417     | 1,497420 | - 3      | 40,1 | 1,509640    | 1,509628 | + 12     | 40,1 |

$$n_{\alpha} = 1,509257 - 0,000288 T$$

$$n_{\beta} = 1,521257 - 0,000290 T$$

Dieselbe ergibt sich aus folgenden 4 Beobachtungen zwischen 15° und 25°

| $T$  | $D$ beob. | $D$ ber. | $\Delta$ |
|------|-----------|----------|----------|
| 15,0 | 0,80048   | 0,80053  | — 5      |
| 18,5 | 0,79766   | 0,79756  | + 10     |
| 22,2 | 0,79431   | 0,79439  | — 8      |
| 25,0 | 0,79205   | 0,79204  | + 2      |

Die Beobachtungen von Hrn. Kopp ergeben für die Dichtigkeit des Alkohols in dem Temperaturintervall von 15° — 20° die Gleichung  $D = 0,809235 - 0,00085 T$

Denn berechnet man nach der Formel von Hrn. Kopp die den Temperaturen 15°, 20°, 25° entsprechenden Dichtigkeiten, so erhält man

|     | nach Kopp | nach der Formel |
|-----|-----------|-----------------|
| 15° | 0,79648   | 0,796485        |
| 20° | 0,79224   | 0,792235        |
| 25° | 0,78798   | 0,787985        |

Obige Interpolationsformel giebt diese Werthe bis auf 5 Einheiten in der 6. Decimale wieder, wie die neben die Kopp'schen gestellten, aus obiger Interpolationsformel berechneten Werthe zeigen. Die aus meinen Versuchen abgeleitete Dichtigkeitsabnahme ist also derjenigen, welche Hr. Kopp angiebt genau gleich, und ebenso ergibt sich aus beiden Beobachtungen, daß man innerhalb des Temperaturintervalls 15° — 25° die Dichtigkeiten bis auf die 5. Decimale genau durch eine lineare Gleichung wiedergeben kann.

Tabelle XII.  
Der gesättigten Lösung von Chlorzink.

Im Laboratorium für mich darstellen liefs, war so concentrirt wie möglich, sie erhielt eine der Zinkgehalt der Lösung bestimmt wurde, ergaben den Gehalt der Lösung zu 71,81. Zink gelöst.

|   | $\Delta$ | $T$  | $\gamma$ |          | $\Delta$ | $T$   | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|---|----------|------|----------|----------|----------|-------|-------------|---------|----------|
|   |          |      | beob.    | ber.     |          |       | beob.       | ber.    |          |
| 3 | + 37     | 19,5 | 1,522522 | 1,522495 | + 27     | 18,0  | 1,94737     | 1,94741 | — 4      |
| 1 | + 47     | 20,3 | 1,522239 | 1,522262 | — 23     | 20,05 | 1,94505     | 1,94505 | 00       |
| 9 | — 9      | 21,2 | 1,522018 | 1,522000 | + 18     | 23,9  | 1,94063     | 1,94061 | + 2      |
| 2 | + 53     | 22,3 | 1,521735 | 1,521680 | + 55     | 25,95 | 1,93827     | 1,93825 | + 2      |
| 1 | — 47     | 22,9 | 1,521546 | 1,521505 | + 41     | 27,4  | 1,93659     | 1,93657 | + 2      |
| 1 | + 62     | 23,1 | 1,521483 | 1,521447 | + 36     | 31,1  | 1,93230     | 1,93231 | — 1      |
| 8 | — 85     | 23,7 | 1,521262 | 1,521272 | — 10     |       |             |         |          |
| 8 | — 66     | 23,9 | 1,521231 | 1,521214 | + 17     |       |             |         |          |
| 9 | — 16     | 25,9 | 1,520664 | 1,520632 | + 32     |       |             |         |          |
| 1 | + 17     | 26,6 | 1,520443 | 1,520429 | + 14     |       |             |         |          |
| 3 | + 47     | 26,7 | 1,520348 | 1,520399 | — 51     |       |             |         |          |
| 8 | 00       | 27,5 | 1,520096 | 1,520169 | — 73     |       |             |         |          |
| 0 | — 5      | 30,0 | 1,519465 | 1,519444 | + 21     |       |             |         |          |
| 8 | — 20     | 30,9 | 1,519181 | 1,519177 | + 4      |       |             |         |          |
| 0 | — 21     | 31,1 | 1,519086 | 1,519119 | — 33     |       |             |         |          |
| 1 | — 14     | 32,2 | 1,518771 | 1,518799 | — 28     |       |             |         |          |
| 8 | + 12     | 36,1 | 1,517697 | 1,517664 | + 33     |       |             |         |          |
|   |          | 37,9 | 1,517064 | 1,517140 | — 76     |       |             |         |          |

90  $T$  |  $n = 1,528169 - 0,000291 T$  |  $D = 1,96816 - 0,001153 T$

Tabelle  
Brechungsexponenten der Mischung 1 Wa

| T                                    | $n_{\alpha}$ |          | $\Delta$ | T                                   | $n_{\beta}$ |          | $\Delta$ |
|--------------------------------------|--------------|----------|----------|-------------------------------------|-------------|----------|----------|
|                                      | beob.        | ber.     |          |                                     | beob.       | ber.     |          |
| 18,7                                 | 1,455375     | 1,455405 | - 30     | 18,7                                | 1,465490    | 1,465568 | - 78     |
| 19,2                                 | 1,455209     | 1,455272 | - 63     | 19,3                                | 1,465390    | 1,465409 | - 19     |
| 20,3                                 | 1,455032     | 1,454980 | + 52     | 20,3                                | 1,465190    | 1,465140 | + 50     |
| 22,7                                 | 1,454409     | 1,454341 | + 68     | 22,8                                | 1,464531    | 1,464473 | + 58     |
| 24,2                                 | 1,458942     | 1,458942 | 00       | 24,2                                | 1,464095    | 1,464100 | - 65     |
| 24,6                                 | 1,453776     | 1,453835 | - 59     | 24,4                                | 1,464100    | 1,464047 | + 53     |
| 24,9                                 | 1,453809     | 1,453756 | + 53     | 25,1                                | 1,463936    | 1,463860 | + 76     |
| 25,1                                 | 1,453642     | 1,453703 | - 61     | 25,3                                | 1,463737    | 1,463806 | - 69     |
| 25,7                                 | 1,453576     | 1,453543 | + 33     | 26,0                                | 1,463605    | 1,463620 | - 15     |
| 26,6                                 | 1,453376     | 1,453303 | + 73     | 26,5                                | 1,463472    | 1,463486 | - 14     |
| 27,1                                 | 1,453109     | 1,453171 | - 62     | 26,9                                | 1,463440    | 1,463379 | + 61     |
| 27,7                                 | 1,452975     | 1,453011 | - 36     | 27,9                                | 1,463176    | 1,463112 | + 64     |
| 28,4                                 | 1,452909     | 1,452825 | + 84     | 28,3                                | 1,462943    | 1,463005 | - 62     |
| 29,1                                 | 1,452709     | 1,452639 | + 70     | 29,6                                | 1,462711    | 1,462658 | + 53     |
| 30,8                                 | 1,452142     | 1,452186 | - 44     | 30,3                                | 1,462413    | 1,462471 | - 58     |
| 31,3                                 | 1,451975     | 1,452054 | - 79     | 31,9                                | 1,462050    | 1,462044 | + 6      |
| 32,3                                 | 1,451808     | 1,451788 | + 20     | 33,6                                | 1,461555    | 1,461590 | - 35     |
| 33,2                                 | 1,451541     | 1,451548 | - 7      | 35,7                                | 1,461023    | 1,461029 | - 6      |
| 36,3                                 | 1,450706     | 1,450724 | - 18     |                                     |             |          |          |
| $n_{\alpha} = 1,460379 - 0,000266 T$ |              |          |          | $n_{\beta} = 1,470561 - 0,000267 T$ |             |          |          |

Tabelle  
Brechungsexponenten der Mischung 1 V

|                                      |          |          |      |                                     |          |          |      |
|--------------------------------------|----------|----------|------|-------------------------------------|----------|----------|------|
| 17,6                                 | 1,428537 | 1,428552 | - 15 | 17,6                                | 1,437780 | 1,437793 | - 13 |
| 20,3                                 | 1,427886 | 1,427856 | + 30 | 20,3                                | 1,437138 | 1,437091 | + 47 |
| 20,9                                 | 1,427721 | 1,427701 | + 20 | 20,7                                | 1,437003 | 1,436987 | + 26 |
| 21,5                                 | 1,427518 | 1,427547 | - 29 | 21,7                                | 1,436733 | 1,436727 | + 6  |
| 22,7                                 | 1,427211 | 1,427236 | - 25 | 22,5                                | 1,436530 | 1,436510 | + 20 |
| 23,1                                 | 1,427144 | 1,427134 | + 10 | 23,4                                | 1,436260 | 1,436285 | - 25 |
| 25,0                                 | 1,426667 | 1,426643 | + 24 | 24,6                                | 1,435922 | 1,435983 | - 61 |
| 25,3                                 | 1,426600 | 1,426566 | + 34 | 25,6                                | 1,435686 | 1,435684 | + 2  |
| 27,7                                 | 1,425919 | 1,425945 | - 26 | 27,4                                | 1,435246 | 1,435245 | + 1  |
| 28,3                                 | 1,425736 | 1,425792 | - 6  | 28,9                                | 1,434773 | 1,434829 | - 56 |
| 33,2                                 | 1,424523 | 1,424527 | - 5  | 31,5                                | 1,434130 | 1,434174 | - 44 |
| $n_{\alpha} = 1,433093 - 0,000258 T$ |          |          |      | $n_{\beta} = 1,442369 - 0,000260 T$ |          |          |      |

Tabelle  
Brechungsexponenten der Mischung 1 V

|      |          |          |      |      |          |          |      |
|------|----------|----------|------|------|----------|----------|------|
| 17,2 | 1,400329 | 1,400313 | + 16 | 17,7 | 1,408413 | 1,408411 | + 2  |
| 17,4 | 1,400250 | 1,400243 | + 7  | 18,5 | 1,408232 | 1,408209 | + 23 |
| 17,7 | 1,400180 | 1,400169 | + 11 | 18,6 | 1,408198 | 1,408186 | + 12 |
| 18,3 | 1,399973 | 1,400039 | - 46 | 20,7 | 1,407715 | 1,407655 | + 60 |
| 18,5 | 1,399920 | 1,399968 | - 48 | 20,9 | 1,407611 | 1,407604 | + 7  |
| 20,7 | 1,399453 | 1,399419 | + 34 | 21,4 | 1,407440 | 1,407478 | - 38 |
| 20,9 | 1,399350 | 1,399368 | - 18 | 22,0 | 1,407336 | 1,407327 | + 9  |
| 21,3 | 1,399245 | 1,399267 | - 24 | 22,5 | 1,407164 | 1,407201 | - 37 |
| 22,1 | 1,399072 | 1,399059 | + 13 | 23,5 | 1,406922 | 1,406949 | - 27 |
| 22,4 | 1,399003 | 1,398369 | + 34 | 24,3 | 1,406715 | 1,406748 | - 33 |
| 23,8 | 1,398655 | 1,398643 | + 12 | 25,9 | 1,406370 | 1,406344 | + 26 |
| 24,1 | 1,398517 | 1,398568 | - 51 | 27,0 | 1,406094 | 1,406067 | + 27 |
| 26,1 | 1,398135 | 1,398069 | + 66 | 28,1 | 1,405824 | 1,405790 | + 34 |
| 26,6 | 1,397928 | 1,397943 | - 15 | 30,7 | 1,405060 | 1,405135 | - 75 |
| 28,7 | 1,397476 | 1,397419 | + 57 | 31,5 | 1,404920 | 1,404933 | - 13 |

Tabelle XIII.

Lösung 1 Wasser, und 3,997 conc. Chlorzinklösung.

|  | $\Delta$ | $T$  | $n_T$    |          | $\Delta$ | $T$   | Dichtigkeit |         | $\Delta$ |
|--|----------|------|----------|----------|----------|-------|-------------|---------|----------|
|  |          |      | beob.    | ber.     |          |       | beob.       | ber.    |          |
| 8  | -78      | 18,7 | 1,471355 | 1,471394 | -39      | 19,75 | 1,66566     | 1,66572 | -6       |
| 9  | -19      | 19,2 | 1,471255 | 1,471260 | -5       | 21,8  | 1,66353     | 1,66349 | +4       |
| 0  | +50      | 22,2 | 1,470500 | 1,470454 | +54      | 26,0  | 1,65936     | 1,65932 | +4       |
| 3  | +58      | 23,0 | 1,470237 | 1,470241 | -4       | 27,45 | 1,65792     | 1,65788 | +4       |
| 0  | -65      | 23,8 | 1,470007 | 1,470027 | -20      | 31,9  | 1,65420     | 1,65426 | -6       |
| 7  | +53      | 24,6 | 1,469809 | 1,469812 | -3       |       |             |         |          |
| 0  | +76      | 25,3 | 1,469579 | 1,469625 | -46      |       |             |         |          |
| 6  | -69      | 25,7 | 1,469545 | 1,469518 | +27      |       |             |         |          |
| 0  | -15      | 26,1 | 1,469447 | 1,469410 | +37      |       |             |         |          |
| 6  | -14      | 26,2 | 1,469380 | 1,469384 | -4       |       |             |         |          |
| 9  | +61      | 27,3 | 1,469117 | 1,469089 | +28      |       |             |         |          |
| 2  | +64      | 27,7 | 1,468987 | 1,468982 | +5       |       |             |         |          |
| 05   | -62      | 28,9 | 1,468689 | 1,468660 | +29      |       |             |         |          |
| 8  | +53      | 29,6 | 1,468458 | 1,468472 | -14      |       |             |         |          |
| 1  | -58      | 30,3 | 1,468261 | 1,468285 | -24      |       |             |         |          |
| 14   | +6       | 31,2 | 1,468067 | 1,468044 | +23      |       |             |         |          |
| 00   | -35      | 34,4 | 1,467173 | 1,467185 | -12      |       |             |         |          |
| 9  | -6       | 35,0 | 1,466975 | 1,466985 | -10      |       |             |         |          |
| $n_T = 1,476405 - 0,000268 T$ $D = 1,68519 - 0,000992 T$ |          |      |          |          |          |       |             |         |          |

Tabelle XIV.

Lösung 1 Wasser 1,9996 conc. Chlorzinklösung.

|  |     |      |          |          |     |      |         |         |    |
|--|-----|------|----------|----------|-----|------|---------|---------|----|
| 93   | -13 | 17,6 | 1,443032 | 1,442974 | +58 | 19,5 | 1,50732 | 1,50738 | -6 |
| 91   | +47 | 20,3 | 1,442225 | 1,442269 | -44 | 24,1 | 1,50338 | 1,50332 | +6 |
| 87   | +26 | 21,8 | 1,441889 | 1,441877 | +12 | 27,1 | 1,50073 | 1,50067 | +6 |
| 27   | +6  | 22,3 | 1,441721 | 1,441747 | -26 | 31,1 | 1,49708 | 1,49714 | -6 |
| 10   | +20 | 23,7 | 1,441452 | 1,441382 | +70 |      |         |         |    |
| 85   | -25 | 24,2 | 1,441235 | 1,441251 | -16 |      |         |         |    |
| 83   | -61 | 26,1 | 1,440779 | 1,440755 | +24 |      |         |         |    |
| 84   | +2  | 26,6 | 1,440610 | 1,440625 | -15 |      |         |         |    |
| 45   | +1  | 29,5 | 1,439870 | 1,439868 | +2  |      |         |         |    |
| 29   | -56 | 30,3 | 1,439600 | 1,439659 | -59 |      |         |         |    |
| 74   | -44 |      |          |          |     |      |         |         |    |
| $n_T = 1,447567 - 0,000261 T$ $D = 1,52457 - 0,000882 T$ |     |      |          |          |     |      |         |         |    |

Tabelle XV.

Lösung 1 Wasser 0,9998 conc. Chlorzinklösung.

|    |     |      |          |          |     |      |         |         |     |
|----|-----|------|----------|----------|-----|------|---------|---------|-----|
| 11 | +2  | 17,9 | 1,412980 | 1,412984 | -4  | 12,6 | 1,35613 | 1,35623 | -10 |
| 09 | +23 | 18,7 | 1,412773 | 1,412782 | -9  | 15,5 | 1,35400 | 1,35394 | +6  |
| 86 | +12 | 18,9 | 1,412670 | 1,412731 | -61 | 18,6 | 1,35150 | 1,35149 | +1  |
| 55 | +60 | 20,6 | 1,412396 | 1,412304 | +92 | 21,6 | 1,34920 | 1,34912 | +8  |
| 04 | +7  | 20,9 | 1,412258 | 1,412228 | +30 | 25,0 | 1,34641 | 1,34641 | 00  |
| 78 | -38 | 21,5 | 1,412052 | 1,412076 | -24 | 28,9 | 1,34336 | 1,34332 | +4  |
| 27 | +9  | 21,9 | 1,411950 | 1,411976 | -26 | 34,1 | 1,33914 | 1,33919 | -5  |
| 01 | -37 | 22,7 | 1,411811 | 1,411776 | +35 |      |         |         |     |
| 49 | -27 | 23,3 | 1,411564 | 1,411623 | -59 |      |         |         |     |
| 48 | -33 | 24,5 | 1,411330 | 1,411320 | +10 |      |         |         |     |
| 44 | +26 | 24,7 | 1,411227 | 1,411270 | -43 |      |         |         |     |
| 67 | +27 | 27,1 | 1,410711 | 1,410665 | +46 |      |         |         |     |
| 90 | +34 | 27,3 | 1,410642 | 1,410614 | +28 |      |         |         |     |
| 35 | -75 | 27,7 | 1,410505 | 1,410514 | -9  |      |         |         |     |
| 83 | -13 | 31,3 | 1,409609 | 1,409605 | +4  |      |         |         |     |

# Brechungsexponenten der Mischung 1 Wa

| T    | n <sub>α</sub> |          | Δ    | T    | n <sub>β</sub> |          | Δ    |
|------|----------------|----------|------|------|----------------|----------|------|
|      | beob.          | ber.     |      |      | beob.          | ber.     |      |
| 18,7 | 1,455375       | 1,455405 | - 30 | 18,7 | 1,465490       | 1,465568 | - 78 |
| 19,2 | 1,455209       | 1,455272 | - 63 | 19,3 | 1,465390       | 1,465409 | - 19 |
| 20,3 | 1,455032       | 1,454980 | + 52 | 20,3 | 1,465190       | 1,465140 | + 50 |
| 22,7 | 1,454409       | 1,454341 | + 68 | 22,8 | 1,464531       | 1,464473 | + 58 |
| 24,2 | 1,453942       | 1,453942 | 00   | 24,2 | 1,464035       | 1,464100 | - 65 |
| 24,6 | 1,453776       | 1,453835 | - 59 | 24,4 | 1,464100       | 1,464047 | + 53 |
| 24,9 | 1,453809       | 1,453756 | + 53 | 25,1 | 1,463936       | 1,463860 | + 76 |
| 25,1 | 1,453642       | 1,453703 | - 61 | 25,3 | 1,463737       | 1,463806 | - 69 |
| 25,7 | 1,453576       | 1,453543 | + 33 | 26,0 | 1,463605       | 1,463620 | - 15 |
| 26,6 | 1,453376       | 1,453303 | + 73 | 26,5 | 1,463472       | 1,463486 | - 14 |
| 27,1 | 1,453109       | 1,453171 | - 62 | 26,9 | 1,463440       | 1,463379 | + 61 |
| 27,7 | 1,452975       | 1,453011 | - 36 | 27,9 | 1,463176       | 1,463112 | + 64 |
| 28,4 | 1,452909       | 1,452825 | + 84 | 28,3 | 1,462943       | 1,463005 | - 62 |
| 29,1 | 1,452709       | 1,452639 | + 70 | 29,6 | 1,462711       | 1,462658 | + 53 |
| 30,8 | 1,452142       | 1,452186 | - 44 | 30,3 | 1,462413       | 1,462471 | - 58 |
| 31,3 | 1,451975       | 1,452054 | - 79 | 31,9 | 1,462050       | 1,462044 | + 6  |
| 32,3 | 1,451808       | 1,451788 | + 20 | 33,6 | 1,461555       | 1,461590 | - 35 |
| 33,2 | 1,451541       | 1,451548 | - 7  | 35,7 | 1,461028       | 1,461029 | - 6  |
| 36,3 | 1,450706       | 1,450724 | - 18 |      |                |          |      |

$$n_{\alpha} = 1,460379 - 0,000266 T$$

$$n_{\beta} = 1,470561 - 0,000267 T$$

## Tabelle

### Brechungsexponenten der Mischung 1 V

|      |          |          |      |      |          |          |      |
|------|----------|----------|------|------|----------|----------|------|
| 17,6 | 1,428537 | 1,428552 | - 15 | 17,6 | 1,437780 | 1,437793 | - 13 |
| 20,3 | 1,427886 | 1,427856 | + 30 | 20,3 | 1,437138 | 1,437091 | + 47 |
| 20,9 | 1,427721 | 1,427701 | + 20 | 20,7 | 1,437003 | 1,436987 | + 26 |
| 21,5 | 1,427518 | 1,427547 | - 29 | 21,7 | 1,436733 | 1,436727 | + 6  |
| 22,7 | 1,427211 | 1,427236 | - 25 | 22,5 | 1,436530 | 1,436510 | + 20 |
| 23,1 | 1,427144 | 1,427134 | + 10 | 23,4 | 1,436260 | 1,436285 | - 25 |
| 25,0 | 1,426667 | 1,426643 | + 24 | 24,6 | 1,435922 | 1,435983 | - 61 |
| 25,3 | 1,426600 | 1,426566 | + 34 | 25,6 | 1,435686 | 1,435684 | + 2  |
| 27,7 | 1,425919 | 1,425945 | - 26 | 27,4 | 1,435246 | 1,435245 | + 1  |
| 28,3 | 1,425786 | 1,425792 | - 6  | 28,9 | 1,434773 | 1,434829 | - 56 |
| 33,2 | 1,424523 | 1,424527 | - 5  | 31,5 | 1,434130 | 1,434174 | - 44 |

$$n_{\alpha} = 1,433093 - 0,000258 T$$

$$n_{\beta} = 1,442369 - 0,000260 T$$

## Tabelle

### Brechungsexponenten der Mischung 1 V

|      |          |          |      |      |          |          |      |
|------|----------|----------|------|------|----------|----------|------|
| 17,2 | 1,400329 | 1,400313 | + 16 | 17,7 | 1,408413 | 1,408411 | + 2  |
| 17,4 | 1,400250 | 1,400243 | + 7  | 18,5 | 1,408232 | 1,408209 | + 23 |
| 17,7 | 1,400180 | 1,400169 | + 11 | 18,6 | 1,408198 | 1,408186 | + 12 |
| 18,3 | 1,399973 | 1,400039 | - 46 | 20,7 | 1,407715 | 1,407655 | + 60 |
| 18,5 | 1,399920 | 1,399968 | - 48 | 20,9 | 1,407611 | 1,407604 | + 7  |
| 20,7 | 1,399453 | 1,399419 | + 34 | 21,4 | 1,407440 | 1,407478 | - 38 |
| 20,9 | 1,399350 | 1,399368 | - 18 | 22,0 | 1,407336 | 1,407327 | + 9  |
| 21,3 | 1,399245 | 1,399267 | - 24 | 22,5 | 1,407164 | 1,407201 | - 37 |
| 22,1 | 1,399072 | 1,399059 | + 13 | 23,5 | 1,406922 | 1,406949 | - 27 |
| 22,4 | 1,399003 | 1,398369 | + 34 | 24,3 | 1,406715 | 1,406748 | - 33 |
| 23,8 | 1,398655 | 1,398643 | + 12 | 25,9 | 1,406370 | 1,406344 | + 26 |
| 24,1 | 1,398517 | 1,398566 | - 51 | 27,0 | 1,406094 | 1,406067 | + 27 |
| 26,1 | 1,398135 | 1,398069 | + 66 | 28,1 | 1,405824 | 1,405790 | + 34 |
| 26,6 | 1,397928 | 1,397943 | - 15 | 30,7 | 1,405060 | 1,405135 | - 75 |
| 28,7 | 1,397476 | 1,397419 | + 57 | 31,5 | 1,404920 | 1,404933 | - 13 |
| 30,2 | 1,397024 | 1,397044 | - 20 | 32,1 | 1,404814 | 1,404782 | + 32 |
| 31,0 | 1,396816 | 1,396843 | - 27 |      |          |          |      |

$$n_{\alpha} = 1,404593 - 0,000250 T$$

$$n_{\beta} = 1,412871 - 0,000252 T$$





## Tabelle

## Brechungsexponenten des

Der zu den Versuchen benutzte Schwefelkohlenstoff war  
und lieferte mit Alkohol vollkommene klare Mischungen.

| T     | n <sub>α</sub> |          | Δ    | T     | n <sub>β</sub> |  |
|-------|----------------|----------|------|-------|----------------|--|
|       | beob.          | ber.     |      |       | beob.          |  |
| 6,9   | 1,628730       | 1,628686 | + 46 | 6,9   | 1,663438       |  |
| 7,7   | 1,628053       | 1,628058 | — 5  | 7,7   | 1,662828       |  |
| 9,1   | 1,626980       | 1,626968 | + 12 | 8,7   | 1,661957       |  |
| 9,7   | 1,626586       | 1,626500 | + 86 | 14,5  | 1,657186       |  |
| 14,5  | 1,622848       | 1,622756 | + 92 | 14,9  | 1,656886       |  |
| 15,0  | 1,622366       | 1,622366 | 00   | 15,1  | 1,656694       |  |
| 15,1  | 1,622253       | 1,622288 | — 35 | 16,05 | 1,655933       |  |
| 16,1  | 1,621542       | 1,621507 | + 35 | 16,65 | 1,655388       |  |
| 16,6  | 1,621060       | 1,621118 | — 58 | 17,15 | 1,655034       |  |
| 17,0  | 1,620777       | 1,620806 | — 29 | 17,2  | 1,655007       |  |
| 17,1  | 1,620690       | 1,620728 | — 38 | 17,2  | 1,654980       |  |
| 17,2  | 1,620605       | 1,620648 | — 43 | 17,8  | 1,654462       |  |
| 17,7  | 1,620235       | 1,620260 | — 25 | 17,9  | 1,654380       |  |
| 17,8  | 1,620149       | 1,620182 | — 33 | 18,25 | 1,654080       |  |
| 17,9  | 1,620093       | 1,620104 | — 11 | 18,4  | 1,653971       |  |
| 18,25 | 1,619807       | 1,619831 | — 24 | 18,5  | 1,653889       |  |
| 18,35 | 1,619722       | 1,619753 | — 31 | 18,65 | 1,653780       |  |
| 18,55 | 1,619608       | 1,619597 | + 11 | 18,7  | 1,653725       |  |
| 18,6  | 1,619576       | 1,619558 | + 18 | 18,8  | 1,653643       |  |
| 18,7  | 1,619494       | 1,619480 | + 14 | 18,9  | 1,653534       |  |
| 18,75 | 1,619437       | 1,619441 | — 4  | 19,05 | 1,653480       |  |
| 19,0  | 1,619266       | 1,619246 | + 20 | 19,3  | 1,653206       |  |
| 19,1  | 1,619209       | 1,619168 | + 41 | 19,6  | 1,653012       |  |
| 19,3  | 1,618981       | 1,619004 | — 23 | 19,65 | 1,652960       |  |
| 19,45 | 1,618895       | 1,618895 | 00   | 19,7  | 1,652932       |  |
| 19,5  | 1,618840       | 1,618856 | — 16 | 20,25 | 1,652457       |  |
| 19,5  | 1,618810       | 1,618856 | — 46 | 20,4  | 1,652331       |  |
| 20,15 | 1,618325       | 1,618349 | — 24 | 20,5  | 1,652250       |  |
| 20,3  | 1,618211       | 1,618232 | — 21 | 20,7  | 1,652112       |  |
| 20,55 | 1,618097       | 1,618038 | + 60 | 20,8  | 1,652030       |  |
| 21,10 | 1,617555       | 1,617608 | — 53 | 21,1  | 1,651702       |  |
| 21,8  | 1,617098       | 1,617062 | + 36 | 21,7  | 1,651337       |  |
| 22,1  | 1,616898       | 1,616828 | + 70 | 23,2  | 1,650112       |  |
| 23,4  | 1,615866       | 1,615814 | + 51 | 23,3  | 1,650002       |  |

$$n_{\alpha} = 1,634066 - 0,000780 T$$

$$n_{\beta} = 1,669076$$



## Tabelle XVI.

enten des Schwefelkohlenstoffs.

enstoff war wasserhell, verdampfte ohne einen Rückstand zu hinterlassen  
n.

| n $\beta$ |          | $\Delta$ | T     | n $\gamma$ |          | $\Delta$ |
|-----------|----------|----------|-------|------------|----------|----------|
| beob.     | ber.     |          |       | beob.      | ber.     |          |
| 1,663438  | 1,663418 | + 20     | 6,9   | 1,686284   | 1,686278 | + 6      |
| 1,662828  | 1,662792 | + 28     | 7,7   | 1,685579   | 1,685592 | - 13     |
| 1,661957  | 1,661942 | + 15     | 9,7   | 1,683852   | 1,683898 | - 46     |
| 1,657186  | 1,657186 | 00       | 14,75 | 1,679647   | 1,679612 | + 35     |
| 1,656886  | 1,656858 | + 28     | 14,9  | 1,679515   | 1,679584 | + 31     |
| 1,656694  | 1,656694 | 00       | 15,2  | 1,679278   | 1,679239 | + 39     |
| 1,655933  | 1,655915 | + 18     | 15,2  | 1,679251   | 1,679239 | + 12     |
| 1,655388  | 1,655413 | - 25     | 15,7  | 1,678803   | 1,678804 | - 1      |
| 1,655034  | 1,655013 | + 21     | 15,9  | 1,678698   | 1,678634 | + 64     |
| 1,655007  | 1,654972 | + 35     | 15,95 | 1,678565   | 1,678592 | - 27     |
| 1,654980  | 1,654972 | + 8      | 16,8  | 1,677825   | 1,677869 | - 44     |
| 1,654462  | 1,654480 | - 18     | 16,85 | 1,677799   | 1,677827 | - 28     |
| 1,654380  | 1,654398 | - 18     | 17,2  | 1,677588   | 1,677529 | + 59     |
| 1,654080  | 1,654111 | - 31     | 17,2  | 1,677561   | 1,677529 | + 32     |
| 1,653971  | 1,653988 | - 17     | 17,25 | 1,677508   | 1,677487 | + 21     |
| 1,653889  | 1,653906 | - 17     | 17,9  | 1,676952   | 1,676934 | + 18     |
| 1,653780  | 1,653783 | - 3      | 17,9  | 1,676926   | 1,676934 | - 8      |
| 1,653725  | 1,653742 | - 17     | 18,3  | 1,676582   | 1,676595 | - 13     |
| 1,653643  | 1,653660 | - 17     | 18,3  | 1,676555   | 1,676595 | - 40     |
| 1,653534  | 1,653578 | - 44     | 18,4  | 1,676460   | 1,676509 | - 49     |
| 1,653480  | 1,653455 | + 25     | 18,45 | 1,676423   | 1,676467 | - 44     |
| 1,653206  | 1,653250 | - 44     | 18,75 | 1,676200   | 1,676212 | - 12     |
| 1,653012  | 1,653004 | + 8      | 18,85 | 1,676106   | 1,676130 | - 24     |
| 1,652960  | 1,652963 | - 3      | 18,9  | 1,676080   | 1,676088 | - 8      |
| 1,652932  | 1,652921 | + 11     | 18,9  | 1,676652   | 1,676088 | - 36     |
| 1,652457  | 1,652470 | - 13     | 18,95 | 1,676052   | 1,676046 | + 6      |
| 1,652331  | 1,652347 | - 16     | 19,13 | 1,675874   | 1,675882 | - 8      |
| 1,652250  | 1,652265 | - 15     | 19,75 | 1,675390   | 1,675362 | + 28     |
| 1,652112  | 1,652101 | + 11     | 19,8  | 1,675310   | 1,675319 | - 9      |
| 1,652030  | 1,652019 | + 11     | 20,1  | 1,675072   | 1,675064 | + 8      |
| 1,651702  | 1,651774 | - 72     | 20,6  | 1,674590   | 1,674639 | - 49     |
| 1,651337  | 1,651282 | + 55     | 20,8  | 1,674461   | 1,674469 | - 8      |
| 1,650112  | 1,650052 | + 40     | 20,95 | 1,674355   | 1,674342 | + 13     |
| 1,650002  | 1,649970 | + 32     | 21,0  | 1,674249   | 1,674299 | - 50     |
|           |          |          | 21,25 | 1,674090   | 1,674087 | + 3      |
|           |          |          | 21,5  | 1,673930   | 1,673874 | + 56     |
|           |          |          | 21,55 | 1,673023   | 1,672981 | + 42     |
|           |          |          | 23,00 | 1,672599   | 1,672599 | 00       |

= 1,669076 - 0,000820 T

n $\gamma$  = 1,692149 - 0,000850 T

# Brechungsexponenten des S

Der zu den Versuchen benutzte Schwefelkohlenstoff war v  
und lieferte mit Alkohol vollkommene klare Mischungen.

| T     | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T     | n $\beta$ |  |
|-------|------------|----------|----------|-------|-----------|--|
|       | beob.      | ber.     |          |       | beob.     |  |
| 6,9   | 1,628730   | 1,628686 | + 46     | 6,9   | 1,663438  |  |
| 7,7   | 1,628053   | 1,628058 | - 5      | 7,7   | 1,662828  |  |
| 9,1   | 1,626980   | 1,626968 | + 12     | 8,7   | 1,661957  |  |
| 9,7   | 1,626586   | 1,626500 | + 86     | 14,5  | 1,657186  |  |
| 14,5  | 1,622848   | 1,622756 | + 92     | 14,9  | 1,656886  |  |
| 15,0  | 1,622366   | 1,622366 | 00       | 15,1  | 1,656694  |  |
| 15,1  | 1,622253   | 1,622288 | - 35     | 16,05 | 1,655933  |  |
| 16,1  | 1,621542   | 1,621507 | + 35     | 16,65 | 1,655388  |  |
| 16,6  | 1,621060   | 1,621118 | - 58     | 17,15 | 1,655034  |  |
| 17,0  | 1,620777   | 1,620806 | - 29     | 17,2  | 1,655007  |  |
| 17,1  | 1,620690   | 1,620728 | - 38     | 17,2  | 1,654980  |  |
| 17,2  | 1,620605   | 1,620648 | - 43     | 17,8  | 1,654462  |  |
| 17,7  | 1,620235   | 1,620260 | - 25     | 17,9  | 1,654380  |  |
| 17,8  | 1,620149   | 1,620182 | - 33     | 18,25 | 1,654080  |  |
| 17,9  | 1,620093   | 1,620104 | - 11     | 18,4  | 1,653971  |  |
| 18,25 | 1,619807   | 1,619831 | - 24     | 18,5  | 1,653889  |  |
| 18,35 | 1,619722   | 1,619753 | - 31     | 18,65 | 1,653780  |  |
| 18,55 | 1,619608   | 1,619597 | + 11     | 18,7  | 1,653725  |  |
| 18,6  | 1,619576   | 1,619558 | + 18     | 18,8  | 1,653643  |  |
| 18,7  | 1,619494   | 1,619480 | + 14     | 18,9  | 1,653534  |  |
| 18,75 | 1,619437   | 1,619441 | - 4      | 19,05 | 1,653480  |  |
| 19,0  | 1,619266   | 1,619246 | + 20     | 19,3  | 1,653206  |  |
| 19,1  | 1,619209   | 1,619168 | + 41     | 19,6  | 1,653012  |  |
| 19,3  | 1,618981   | 1,619004 | - 23     | 19,65 | 1,652960  |  |
| 19,45 | 1,618895   | 1,618895 | 00       | 19,7  | 1,652932  |  |
| 19,5  | 1,618840   | 1,618856 | - 16     | 20,25 | 1,652457  |  |
| 19,5  | 1,618810   | 1,618856 | - 46     | 20,4  | 1,652331  |  |
| 20,15 | 1,618325   | 1,618349 | - 24     | 20,5  | 1,652250  |  |
| 20,3  | 1,618211   | 1,618232 | - 21     | 20,7  | 1,652112  |  |
| 20,55 | 1,618097   | 1,618038 | + 60     | 20,8  | 1,652030  |  |
| 21,10 | 1,617555   | 1,617608 | - 53     | 21,1  | 1,651702  |  |
| 21,8  | 1,617098   | 1,617062 | + 36     | 21,7  | 1,651337  |  |
| 22,1  | 1,616898   | 1,616828 | + 70     | 23,2  | 1,650112  |  |
| 23,4  | 1,615866   | 1,615814 | + 51     | 23,3  | 1,650002  |  |

$$n\alpha = 1,634066 - 0,000780 T$$

$$n\beta = 1,669076 -$$

nten des Schwefelkohlenstoffs.

nstoff war wasserhell, verdampfte ohne einen Rückstand zu hinterlassen

| $n\beta$ |          | $\Delta$ | $T$   | $n\gamma$ |          | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|-------|-----------|----------|----------|
| beob.    | ber.     |          |       | beob.     | ber.     |          |
| 663438   | 1,663418 | + 20     | 6,9   | 1,686284  | 1,686278 | + 6      |
| 662828   | 1,662792 | + 28     | 7,7   | 1,685579  | 1,685592 | - 13     |
| 661957   | 1,661942 | + 15     | 9,7   | 1,683852  | 1,683898 | - 46     |
| 657186   | 1,657186 | 00       | 14,75 | 1,679647  | 1,679612 | + 35     |
| 656886   | 1,656858 | + 28     | 14,9  | 1,679515  | 1,679584 | + 31     |
| 656694   | 1,656694 | 00       | 15,2  | 1,679278  | 1,679239 | + 39     |
| 655933   | 1,655915 | + 18     | 15,2  | 1,679251  | 1,679239 | + 12     |
| 655388   | 1,655413 | - 25     | 15,7  | 1,678803  | 1,678804 | - 1      |
| 655034   | 1,655013 | + 21     | 15,9  | 1,678698  | 1,678634 | + 64     |
| 655007   | 1,654972 | + 35     | 15,95 | 1,678565  | 1,678592 | - 27     |
| 654980   | 1,654972 | + 8      | 16,8  | 1,677825  | 1,677869 | - 44     |
| 654462   | 1,654480 | - 18     | 16,85 | 1,677799  | 1,677827 | - 28     |
| 654380   | 1,654398 | - 18     | 17,2  | 1,677588  | 1,677529 | + 59     |
| 654080   | 1,654111 | - 31     | 17,2  | 1,677561  | 1,677529 | + 32     |
| 653971   | 1,653988 | - 17     | 17,25 | 1,677508  | 1,677487 | + 21     |
| 653889   | 1,653906 | - 17     | 17,9  | 1,676952  | 1,676934 | + 18     |
| 653780   | 1,653783 | - 3      | 17,9  | 1,676926  | 1,676934 | - 8      |
| 653725   | 1,653742 | - 17     | 18,3  | 1,676582  | 1,676595 | - 13     |
| 653643   | 1,653660 | - 17     | 18,3  | 1,676555  | 1,676595 | - 40     |
| 653534   | 1,653578 | - 44     | 18,4  | 1,676460  | 1,676509 | - 49     |
| 653480   | 1,653455 | + 25     | 18,45 | 1,676423  | 1,676467 | - 44     |
| 653206   | 1,653250 | - 44     | 18,75 | 1,676200  | 1,676212 | - 12     |
| 653012   | 1,653004 | + 8      | 18,85 | 1,676106  | 1,676130 | - 24     |
| 652960   | 1,652963 | - 3      | 18,9  | 1,676080  | 1,676088 | - 8      |
| 652932   | 1,652921 | + 11     | 18,9  | 1,676652  | 1,676088 | - 36     |
| 652457   | 1,652470 | - 13     | 18,95 | 1,676052  | 1,676046 | + 6      |
| 652331   | 1,652347 | - 16     | 19,15 | 1,675874  | 1,675882 | - 8      |
| 652250   | 1,652265 | - 15     | 19,75 | 1,675390  | 1,675362 | + 28     |
| 652112   | 1,652101 | + 11     | 19,8  | 1,675310  | 1,675319 | - 9      |
| 652030   | 1,652019 | + 11     | 20,1  | 1,675072  | 1,675064 | + 8      |
| 651702   | 1,651774 | - 72     | 20,6  | 1,674590  | 1,674639 | - 49     |
| 651337   | 1,651282 | + 55     | 20,8  | 1,674461  | 1,674469 | - 8      |
| 650112   | 1,650052 | + 40     | 20,95 | 1,674355  | 1,674342 | + 13     |
| 650002   | 1,649970 | + 32     | 21,0  | 1,674249  | 1,674299 | - 50     |
|          |          |          | 21,25 | 1,674090  | 1,674087 | + 3      |
|          |          |          | 21,5  | 1,673930  | 1,673874 | + 56     |
|          |          |          | 21,55 | 1,673923  | 1,672981 | + 42     |
|          |          |          | 23,00 | 1,672599  | 1,672599 | 00       |

$$= 1,669076 - 0,000820 T$$

$$n\gamma = 1,692149 - 0,000850 T$$



Die Brechungsexponenten des Schwefelkohlenstoffs in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur sind schon früher von den Hrn. Dale und Gladstone<sup>1)</sup> untersucht worden. In Bezug auf die Aenderung der Brechungsexponenten mit der Temperatur stimmen meine Versuche mit denen dieser Beobachter ziemlich gut überein. Für die Linien *A*, *D*, *H* des Sonnenspectrums erhalten die Hrn. Dale und Gladstone für 1° Temperaturzunahme zwischen 10° und 30° die Abnahme der Brechungsexponenten

| <i>A</i> | <i>D</i> | <i>H</i> |
|----------|----------|----------|
| 0,000075 | 0,00082  | 0,00092  |

während meine Versuche für *C*, die rothe Wasserstofflinie, *F* die grüne Wasserstofflinie und die sehr nahe bei *G* liegende violette Wasserstofflinie zwischen 7° und 24° ergeben

| <i>C</i> | <i>F</i> | <i>H<sub>γ</sub> = G</i> |
|----------|----------|--------------------------|
| 0,000780 | 0,00082  | 0,00085                  |

Werthe, welche wie man sieht sehr gut zu den obigen passen.

Die von mir für die Brechungsexponenten selbst erhaltenen Werthe stimmen mit denen der Hrn. Dale und Gladstone nicht so gut überein, sie geben für *C* und *F* bei 15°

|          | D. u. Gl. | W.        |
|----------|-----------|-----------|
| <i>C</i> | 1,6209    | 1,622366  |
| <i>F</i> | 1,6554    | 1,656776. |

Dieselben weichen von den meinigen, welche zur Vergleichung daneben gestellt sind, schon in der dritten Decimale ab. Nach meinen Messungen würden die Werthe von *C* einer Temperatur von 16,87 und von *F* der Temperatur von 16,67 entsprechen, die beiden Werthen zugehörigen Temperaturen würden also um 0°,2 auseinander liegen.

Für die Temperatur von 20° hat kürzlich Hr. Hagen<sup>2)</sup> den Brechungsexponenten des Schwefelkohlenstoffs bestimmt; die von ihm gefundenen Werthe mit den meinigen zusammengestellt sind

1) Dale und Gladstone, *Philosoph. Transact. for* 1858, p. 887.

2) Hagen. Diese Annalen Juniheft 1865, Bd. 131.

|            | Hagen   | W.       |
|------------|---------|----------|
| $n_\alpha$ | 1,61736 | 1,61846  |
| $n_\beta$  | 1,65234 | 1,65267  |
| $n_\gamma$ | 1,67482 | 1,67515. |

Mit Ausnahme des ersten stimmen somit diese Werthe bis auf 3 Einheiten in der 4. Decimale überein, der erste weicht dagegen um 11 Einheiten der 4. Decimale ab. Für die Dichtigkeit seines Schwefelkohlenstoffs findet Hr. Hagen 1,26394, während ich für den meinigen den nur wenig kleinern Werth 1,26354 finde.

Trotz des geringen Unterschiedes in der Dichtigkeit wird sich diese Verschiedenheit wohl durch die Verschiedenheit der Präparate erklären lassen.

Betreffs der Lichtbrechung im Schwefelkohlenstoff hat vor einiger Zeit Hr. Lewis Rutherford<sup>1)</sup> eine eigenthümliche Erscheinung beobachtet. Derselbe hat darauf aufmerksam gemacht, dafs zuweilen ein Schwefelkohlenstoffprisma keine scharfen Bilder der Lichtlinien giebt, selbst wenn es lange in einem gleichmäfsig erwärmten Raume gestanden hat, und will dann gefunden haben, dafs sich der Schwefelkohlenstoff in Schichten verschiedenen Brechungsvermögens schichte, so dafs die untern Schichten einen gröfsern Brechungsexponenten haben als die obern. Für die verschiedenen mit Vorsicht abgelassenen Schichten einer Flasche, welche 2 Tage gestanden hatte, erhielt Rutherford als Brechungsexponenten von *D*

|                  |          |
|------------------|----------|
| obere Schicht    | 1,62137  |
| Schicht am Boden | 1,62376. |

Ich habe etwas derartiges bei dem zu den mitgetheilten Messungen benutzten Präparate nicht beobachten können, im Gegentheil, ich habe die zu verschiedenen Zeiten beobachteten Brechungsexponenten ganz genau gleich gefunden. Nachdem die Flasche mit Schwefelkohlenstoff mehrere Tage

1) Lewis Rutherford. *American Journal of Science and Arts* vol. XXX. Fresenius Zeitschrift für anal. Chemie 5. Jahrgang. 3. und 4. Heft, S. 331.

ruhig gestanden, wurde der Schwefelkohlenstoff vorsichtig abgossen, so dafs dabei wesentlich die obern Schichten in das Prisma kamen, und der Brechungsexponent des Schwefelkohlenstoff gemessen. Nachdem die Flasche dann wieder längere Zeit ruhig gestanden, wurde der grösste Theil des Schwefelkohlenstoffs vorsichtig abgossen und so ziemlich das letzte in der Flasche in das Prisma gebracht. Die gefundenen Brechungsexponenten weichen aber von den früher erhaltenen nicht ab. Die in Tabelle XVI für  $18^{\circ},35$ ,  $20^{\circ},55$  und  $20^{\circ},1$  für  $n_{\alpha}$ , die für  $n_{\beta}$  bei  $18^{\circ},5$  und  $20^{\circ},25$ , die für  $n_{\gamma}$  bei  $18^{\circ},85$ ,  $19^{\circ},75$  und  $21^{\circ},55$  angegebenen Werthe sind in der zweiten Reihe erhalten.

Bei einem andern Präparate, welches in einer verschlossenen Flasche stehend sich im Laufe von 3 Monaten etwas gelblich gefärbt hatte, zeigte sich indefs etwas ähnliches, indem das mit demselben gefüllte Prisma niemals ein scharfes Bild der hellen Linien gab, das Prisma mochte noch so lange in gleichmäfsiger Temperatur gestanden haben. Schütteln des Schwefelkohlenstoffs machte, wie auch Hr. Rutherford angiebt, das Bild für eine sehr kurze Zeit klar, sehr rasch wurde es aber wieder an den Rändern verwaschen und unklar. Im Sonnenspectrum liefsen sich gar keine dunklen Linien mit diesem Schwefelkohlenstoff erkennen. So bedeutende Unterschiede in den Brechungsexponenten der verschiedenen Schichten, wie sie Hr. Rutherford angiebt, zeigten sich aber nicht, da sonst gar keine helle Linie mehr hätte sichtbar seyn können. Der Brechungsexponent dieses Präparates, bestimmt durch die Ablenkung der nach dem Schütteln scharf sichtbaren hellen Linien, wich sogar von den Brechungsexponenten des andern Präparates gar nicht merklich ab.

Die Dichtigkeit des Schwefelkohlenstoffs läfst sich innerhalb der Temperaturgränzen, in denen die Brechungsexponenten beobachtet wurden, darstellen durch die Gleichung

$$D = 1,29366 - 0,001506 T$$

wie folgende Beobachtungen zeigen

| <i>T</i> | <i>D</i> beob. | <i>D</i> berech. | <i>A</i> |
|----------|----------------|------------------|----------|
| 11°,5    | 1,27634        | 1,27636          | — 2      |
| 13°,8    | 1,27293        | 1,27288          | + 5      |
| 18°,8    | 1,26687        | 1,26690          | — 3      |
| 21°,6    | 1,26112        | 1,26112          | 00.      |

Berechnet man nach den Formeln des Hrn. Pierre die Dichtigkeit des Schwefelkohlenstoffs für die Temperatur 12° 18° 24°, so erhält man

|     |          |          |
|-----|----------|----------|
| 12° | 1,275348 | 1,275353 |
| 18  | 1,266413 | 1,266406 |
| 24  | 1,257501 | 1,257506 |

Dieselben lassen sich ebenfalls bis auf 7 Einheiten in der 6. Decimale darstellen durch die lineare Gleichung

$$D = 1,293187 - 0,001487 \, T$$

wie die zur Vergleichung neben die Pierre'schen gesetzten aus dieser Gleichung abgeleiteten Zahlen zeigen.

Die aus meinen Versuchen berechnete dem Temperaturzuwachs von 1° zwischen 12° und 24° entsprechende Dichtigkeitsabnahme weicht also von derjenigen, welche aus den Formeln des Hrn. Pierre sich ergibt, um 19 Einheiten auf der 6. Decimale ab, ein Unterschied, welcher innerhalb des von mir benutzten Temperaturintervalls die Dichtigkeit um etwa 2 Einheiten auf der vierten Decimale weniger abnehmen lassen würde, als es nach meinen Versuchen der Fall ist.

Für die Temperatur von 20° ist die Dichtigkeit des Schwefelkohlenstoffs nach

| Hagen   | Wüllner | Pierre  |
|---------|---------|---------|
| 1,26394 | 1,26354 | 1,26344 |

so dafs also die aus meinen Versuchen sich ergebende Dichtigkeit zwischen die Angabe der beiden andern Beobachter fällt.



Tabelle XVII.  
Brechungsexponenten der Mischung 1 Alkohol 3,955 Schwefelkohlenstoff.

| T     | n $\alpha$ |          | T     | n $\beta$ |          | T     | $\Delta$ | n $\gamma$ |          | T     | $\Delta$ |
|-------|------------|----------|-------|-----------|----------|-------|----------|------------|----------|-------|----------|
|       | beob.      | ber.     |       | beob.     | ber.     |       |          | beob.      | ber.     |       |          |
| 16,05 | 1,540378   | 1,540394 | 16,05 | 1,565637  | 1,565651 | 16,0  | +        | 1,582080   | 1,582015 | 16,0  | +        |
| 16,2  | • 1,540285 | 1,540291 | 16,10 | 1,565577  | 1,565595 | 16,0  | -        | 1,582050   | 1,582015 | 16,0  | +        |
| 16,3  | 1,540223   | 1,540223 | 16,15 | 1,565577  | 1,565559 | 16,15 | -        | 1,580624   | 1,580665 | 17,8  | -        |
| 17,5  | 1,539417   | 1,539400 | 17,60 | 1,564489  | 1,564515 | 18,5  | +        | 1,580088   | 1,580140 | 18,5  | -        |
| 18,2  | 1,538952   | 1,538935 | 17,60 | 1,564157  | 1,564191 | 18,5  | -        | 1,579970   | 1,579953 | 18,5  | +        |
| 18,3  | 1,538890   | 1,538867 | 18,05 | 1,563915  | 1,563940 | 18,75 | -        | 1,579850   | 1,579840 | 18,75 | +        |
| 19,2  | 1,538239   | 1,538257 | 18,4  | 1,563491  | 1,563471 | 18,9  | +        | 1,579215   | 1,579277 | 18,9  | +        |
| 19,35 | 1,538140   | 1,538155 | 19,05 | 1,563158  | 1,563147 | 19,65 | +        | 1,579076   | 1,579090 | 19,65 | -        |
| 20,4  | 1,537494   | 1,537443 | 19,5  | 1,562673  | 1,562679 | 19,9  | +        | 1,578362   | 1,578303 | 19,9  | +        |
| 20,55 | 1,537359   | 1,537341 | 20,15 | 1,562340  | 1,562283 | 20,35 | -        | 1,577824   | 1,577815 | 20,35 | +        |
| 22,2  | 1,536159   | 1,536223 | 20,7  | 1,561460  | 1,561419 | 21,6  | +        | 1,576690   | 1,576727 | 21,6  | -        |
| 22,5  | 1,535972   | 1,535951 | 21,9  | 1,560702  | 1,560735 | 23,05 | +        | 1,576481   | 1,576465 | 23,05 | +        |
| 23,85 | 1,535103   | 1,535104 | 22,85 | 1,560156  | 1,560159 | 23,4  | -        |            |          | 23,4  | +        |

$$n\alpha = 1,551274 - 0,000678 T \quad n\beta = 2,577187 - 0,000720 T \quad n\gamma = 1,594015 - 0,000750 T$$

Dichtigkeit der Mischung 1 Alkohol 3,955 Schwefelkohlenstoff.

| T     | $\Delta$ |         |
|-------|----------|---------|
|       | beob.    | ber.    |
| 13,6  | 1,13044  | 1,13046 |
| 17,4  | 1,12526  | 1,12524 |
| 22,45 | 1,11831  | 1,11831 |
| 24,9  | 1,11492  | 1,11494 |

$$D = 1,14913 - 0,001373 T$$

Tabelle XVIII.

Brechungs-exponenten der Mischung 1 Alkohol 2,12836 Schwefelkohlenstoff.

| T     | n $\alpha$ |          | $\Delta$ | T     | n $\beta$ |          | $\Delta$ | T     | n $\gamma$ |          | A    |
|-------|------------|----------|----------|-------|-----------|----------|----------|-------|------------|----------|------|
|       | beob.      | ber.     |          |       | beob.     | ber.     |          |       | beob.      | ber.     |      |
| 16,4  | 1,502229   | 1,502211 | + 18     | 16,4  | 1,523183  | 1,523179 | + 4      | 16,4  | 1,536501   | 1,536540 | - 39 |
| 16,5  | 1,502069   | 1,502045 | + 15     | 16,55 | 1,523089  | 1,523081 | + 8      | 16,5  | 1,536469   | 1,536471 | - 2  |
| 16,7  | 1,502006   | 1,502023 | - 17     | 16,6  | 1,523026  | 1,523047 | - 21     | 16,55 | 1,536439   | 1,536437 | + 2  |
| 16,8  | 1,501973   | 1,501980 | + 13     | 17,4  | 1,522522  | 1,522520 | + 2      | 16,6  | 1,536408   | 1,536404 | + 4  |
| 17,45 | 1,501557   | 1,501533 | + 32     | 17,9  | 1,522176  | 1,522191 | - 15     | 17,3  | 1,535848   | 1,535924 | - 76 |
| 17,7  | 1,501365   | 1,501397 | - 32     | 18,35 | 1,521893  | 1,521894 | - 1      | 18,0  | 1,535444   | 1,535447 | - 3  |
| 17,85 | 1,501268   | 1,501303 | - 35     | 18,4  | 1,521861  | 1,521862 | - 1      | 18,2  | 1,535289   | 1,535315 | - 26 |
| 18,5  | 1,500915   | 1,500896 | + 19     | 18,8  | 1,521577  | 1,521588 | - 11     | 18,9  | 1,534821   | 1,534834 | - 13 |
| 18,7  | 1,500755   | 1,500771 | - 16     | 19,3  | 1,521263  | 1,521260 | + 3      | 19,2  | 1,534635   | 1,534634 | + 1  |
| 19,55 | 1,500210   | 1,500240 | - 30     | 20,0  | 1,520759  | 1,520778 | - 19     | 20,2  | 1,533981   | 1,533955 | + 26 |
| 19,85 | 1,500049   | 1,500021 | + 28     | 20,6  | 1,520411  | 1,520422 | - 11     | 20,4  | 1,533837   | 1,533819 | + 38 |
| 20,8  | 1,499439   | 1,499456 | - 17     | 21,3  | 1,519970  | 1,519951 | + 19     | 21,5  | 1,533140   | 1,533068 | + 72 |
| 21,05 | 1,499310   | 1,499300 | + 10     | 22,0  | 1,519528  | 1,519488 | + 40     | 21,8  | 1,532921   | 1,532867 | + 54 |
| 22,25 | 1,498339   | 1,498549 | - 10     | 22,85 | 1,518928  | 1,518929 | - 1      | 23,1  | 1,531955   | 1,531984 | - 29 |
| 22,6  | 1,498314   | 1,498329 | - 15     | 23,95 | 1,518202  | 1,518204 | - 2      |       |            |          |      |
| 24,1  | 1,497414   | 1,497390 | + 24     |       |           |          |          |       |            |          |      |

$$n\alpha = 1,512477 - 0,000626 T$$

$$n\beta = 1,533987 - 0,000659 T$$

$$n\gamma = 1,547691 - 0,000680 T$$

Dichtigkeit der Mischung 1 Alkohol 2,12836 Schwefelkohlenstoff.

| T    | D       |         | $\Delta$ |
|------|---------|---------|----------|
|      | beob.   | ber.    |          |
| 15,0 | 1,06070 | 1,06072 | - 2      |
| 18,5 | 1,05633 | 1,05620 | + 13     |
| 22,4 | 1,05109 | 1,05115 | - 6      |
| 25,0 | 1,04777 | 1,04778 | - 1      |
| 27,9 | 1,04401 | 1,04403 | - 2      |

$$D = 1,08013 - 0,001294 T$$

Tabelle XIX.

27,9 1,04401 1,04403 — 2

\*  $D = 1,08013 - 0,001294 T$

Tabelle XIX.

Brechungsexponenten der Mischung i Alkohol 1,03111 Schwefelkohlenstoff.

| T     | n $\alpha$ |          | A    | T     | n $\beta$ |          | A    | T     | n $\gamma$ |          | A    |
|-------|------------|----------|------|-------|-----------|----------|------|-------|------------|----------|------|
|       | beob.      | ber.     |      |       | beob.     | ber.     |      |       | beob.      | ber.     |      |
| 16,5  | 1,456490   | 1,456455 | + 35 | 16,35 | 1,472550  | 1,472503 | + 47 | 16,3  | 1,482590   | 1,482589 | + 1  |
| 16,8  | 1,456257   | 1,456287 | - 30 | 16,8  | 1,472189  | 1,472243 | - 54 | 16,7  | 1,482302   | 1,482294 | + 8  |
| 17,4  | 1,455924   | 1,455951 | - 27 | 17,4  | 1,471860  | 1,471896 | - 36 | 17,5  | 1,481873   | 1,481881 | + 8  |
| 18,1  | 1,455558   | 1,455539 | - 1  | 18,0  | 1,471564  | 1,471549 | + 15 | 17,9  | 1,481645   | 1,481644 | + 1  |
| 18,25 | 1,455424   | 1,455465 | - 41 | 18,4  | 1,471302  | 1,471318 | - 16 | 18,5  | 1,481286   | 1,481291 | + 5  |
| 19,3  | 1,454926   | 1,454887 | + 39 | 19,1  | 1,470907  | 1,470913 | - 6  | 18,7  | 1,481123   | 1,481173 | - 50 |
| 19,5  | 1,454792   | 1,454775 | + 17 | 19,7  | 1,470611  | 1,470571 | + 40 | 18,9  | 1,481058   | 1,481054 | + 4  |
| 20,55 | 1,454226   | 1,454187 | + 39 | 20,3  | 1,470216  | 1,470220 | - 4  | 19,9  | 1,480503   | 1,480468 | + 35 |
| 20,85 | 1,454026   | 1,454019 | + 7  | 21,1  | 1,469722  | 1,469736 | - 34 | 20,1  | 1,480373   | 1,480347 | + 26 |
| 22,1  | 1,453326   | 1,453319 | + 7  | 21,85 | 1,469328  | 1,469326 | + 2  | 21,3  | 1,479655   | 1,479640 | + 15 |
| 22,4  | 1,453160   | 1,453151 | + 9  | 22,7  | 1,468900  | 1,468833 | + 67 | 21,7  | 1,479426   | 1,479462 | - 36 |
| 24,2  | 1,452126   | 1,452141 | - 17 | 23,9  | 1,468208  | 1,468140 | + 68 | 22,95 | 1,478675   | 1,478666 | + 9  |
| 24,25 | 1,452092   | 1,452115 | - 23 | 24,9  | 1,467549  | 1,467562 | - 13 | 23,5  | 1,478381   | 1,478341 | + 40 |
| 24,6  | 1,451892   | 1,451919 | - 27 | 25,9  | 1,466981  | 1,466984 | + 4  | 25,2  | 1,477302   | 1,477338 | - 36 |
| 26,25 | 1,451024   | 1,450995 | + 29 |       |           |          |      | 25,65 | 1,477075   | 1,477073 | + 2  |

$n\alpha = 1,465695 - 0,000560 T$        $n\beta = 1,481933 - 0,000578 T$        $n\gamma = 1,492206 - 0,000590 T$

Dichtigkeit der Mischung i Alkohol 1,03111 Schwefelkohlenstoff.

| T    | beob.   | ber.    | A   |
|------|---------|---------|-----|
| 16,9 | 0,97538 | 0,97543 | - 5 |
| 20,0 | 0,97183 | 0,97177 | + 6 |
| 23,7 | 0,96746 | 0,96742 | + 4 |
| 27,2 | 0,96326 | 0,96329 | - 3 |

$D = 0,99533 - 0,001178 T$

Die Brechungsexponenten der Mischungen aus Alkohol und Schwefelkohlenstoff wurden sofort nach Herstellung der Gemische untersucht, wie auch sofort die Mischungen in die Gläschen zur Bestimmung der Dichtigkeit eingefüllt wurden. Wie nothwendig das erstere ist, zeigten mehrere Versuchsreihen mit denselben Mischungen, welche über Nacht in übrigens wohl verschlossenen Flaschen gestanden hatten. Die Brechungsexponenten waren dann immer sehr beträchtlich kleiner, ja kleiner als nach der geringen Gewichtsabnahme der Flaschen erwartet werden konnte. Dafs eine geringe Abnahme eintreten mußte, ergibt sich aus der Verdunstung des Schwefelkohlenstoffs, der beträchtlich flüchtiger ist als der Alkohol; die starke Abnahme kann aber dadurch allein nicht erklärt werden. So fanden sich z. B. für die Mischung 1 Alkohol 2,12836 Schwefelkohlenstoff, nachdem sie über Nacht gestanden, die Brechungsexponenten im Mittel bei allen Temperaturen um 0,00330 kleiner, obwohl die Flasche bei etwa 12 Gr. Inhalt nur wenig mehr als ein Centigramm verloren. Einige der beobachteten Werthe zusammengestellt mit den zuerst genommenen, in Tabelle XVIII mitgetheilten, folgen hier

| <i>T</i> | <i>n<sub>α</sub></i> später | <i>n<sub>α</sub></i> anfangs | <i>A</i> |
|----------|-----------------------------|------------------------------|----------|
| 16,5     | 1,501781                    | 1,502148                     | — 367    |
| 19,6     | 1,499921                    | 1,500209                     | — 288    |
| 22,7     | 1,497928                    | 1,498266                     | — 338    |
| <i>T</i> | <i>n<sub>β</sub></i> später | <i>n<sub>β</sub></i> anfangs | <i>A</i> |
| 16,5     | 1,522775                    | 1,523115                     | — 340    |
| 19,45    | 1,520884                    | 1,521261                     | — 377    |
| 23,9     | 1,517949                    | 1,518235                     | — 286    |
| <i>T</i> | <i>n<sub>γ</sub></i> später | <i>n<sub>γ</sub></i> anfangs | <i>A</i> |
| 16,5     | 1,536189                    | 1,536471                     | — 282    |
| 19,25    | 1,534217                    | 1,534600                     | — 383    |
| 24,0     | 1,531080                    | 1,531371                     | — 291    |

Eine andere Portion desselben Gemisches hatte mehrere Tage in einer Flasche mit eingeriebenem Glasstöpsel gestanden; es enthielt anfangs 12,7003 Gr. Gemisch und hatte

dann durch Verdunstung 0,006 Gr. verloren, die Brechungsexponenten hatten um 0,0002 abgenommen

| $T$   | $n_{\alpha}$ später | $n_{\alpha}$ anfangs | $\Delta$ |
|-------|---------------------|----------------------|----------|
| 17,15 | 1,501553            | 1,501741             | — 188    |
| 19,4  | 1,500120            | 1,500334             | — 214    |
| $T$   | $n_{\beta}$ später  | $n_{\beta}$ anfangs  | $\Delta$ |
| 17,45 | 1,522281            | 1,522490             | — 209    |
| 19,7  | 1,520884            | 1,521100             | — 216    |

Diese Abnahmen sind jedenfalls viel bedeutender, als das sie allein durch die stärkere Verdunstung des Schwefelkohlenstoffs erklärt werden könnten. Denn nähme man in dem letzten Falle an, das alles verdunstete Schwefelkohlenstoff wäre, so würde das Gemisch auf 1 Alkohol dann nach 2,1269 anstatt 2,1283 Schwefelkohlenstoff haben. Woher diese Veränderung rührt, weis ich nicht zu sagen. Das diese Unterschiede indess nicht etwa Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sind, ergibt sich einmal aus ihrer Regelmässigkeit, dann aber auch aus ihrer Grösse, welche die Gränze der Fehler, wie sofort nachgewiesen wird, weit überschreiten.

## 4.

Ehe ich zur Besprechung des in den mitgetheilten 19 Tabellen enthaltenen Beobachtungsmaterials schreite, ist es nothwendig die Genauigkeitsgränze desselben festzustellen, und die Grösse der Beobachtungsfehler zu bestimmen.

Die in den Tabellen angegebenen Werthe bedeuten die Brechungsexponenten der im Wasserstoffspectrum vorhandenen hellen Linien für bestimmte Temperaturen; die Fehler in den Messungen sind daher zweierlei Art, Fehler in den zur Bestimmung des Brechungsexponenten nothwendigen Winkelmessungen und dann Fehler in der Temperaturbestimmung.

Die Winkelmessungen bestehen in Messung des brechenden Winkels des Prismas und in Messung des Minimums der Ablenkung, beide Messungen geschehen an dem grossen Theilkreise des Spectrometers, indem zur Messung des brechenden Winkels das Ocularfernrohr auf einen seitlichen,

mit dem drehbaren Theilkreise nicht verbundenen festen Arm gelegt wird. Auch bei der Messung des brechenden Winkels geschieht somit die Ablesung der gemessenen Winkel auf  $10''$ . Die bei diesen Messungen vorkommenden Fehler können aus etwaigen Fehlern des Instruments nicht genauer Einstellung des Fadenkreuzes auf die Mitte der hellen Linien und nicht genauer Ablesung an den Nonien herühren.

Dafs die Fehler des Instruments in den angeführten Messungen durchaus zu vernachlässigen sind, ergab sich daraus, dafs für den brechenden Winkel eines Flintglasprismas sich immer derselbe Werth im Mittel aus mehreren Messungen ergab, während der Theilkreis an verschiedenen Stellen zu diesen Messungen benutzt wurde.

Ein Fehler in der Ablesung konnte dadurch entstehen, dafs gerade kein Theilstrich des Nonius genau mit einem Theilstriche der Haupttheilung coïncidirte, man also zweifelhaft seyn konnte, welcher von den Theilstrichen des Nonius dem betreffenden der Haupttheilung am nächsten stand, welchen man also ablesen sollte. Wurde einfach der scheinbar nächstliegende Haupttheilstrich genommen, so konnte dadurch im schlimmsten Falle ein Fehler von  $5''$  begangen werden. Wenn dieser Fall eintrat, wurde indess gewöhnlich, um den Fehler möglichst klein zu machen, nicht der Winkel mit den vollen  $10''$  genommen, sondern wurden  $5''$  geschätzt. Um indess in der Schätzung der Fehler nicht zu niedrig zu greifen, nehme ich den hierdurch bei der Messung eines einzelnen Winkels möglichen Fehler zu  $5''$  an. Der Fehler, welcher bei Einstellung des Fadenkreuzes auf die helle Linie gemacht werden kann, ist nicht viel gröfser. Wie in §. 2 erwähnt wurde, war bei den Messungen der Spaltöffnung eine solche Breite gegeben, dafs das helle Bild derselben doppelt so breit, als der Abstand der beiden vertikalen Fäden des Fadenkreuzes war; alsdann liefs sich ein Unterschied in den lichten Streifen aufserhalb der Fäden am sichersten erkennen. Um den trotzdem bei einer einzelnen Einstellung möglichen Fehler zu bestimmen, wurde ent-

weder ohne Einschaltung eines Prismas oder nach Vorsetzung eines Flintglasprismas mehrfach auf dieselbe helle Linie eingestellt. Die einzelnen Einstellungen differirten dann nie mehr als  $10''$  von einander, so dafs man  $5''$  als den möglichen Fehler der Einstellung annehmen kann.

Diese beiden Fehler sind die bei Messung des brechenden Winkels allein möglichen; da nun bei dieser Messung zwei Einstellungen und Ablesungen erforderlich sind, so würde eine einzelne Messung den brechenden Winkel im ungünstigsten Falle um  $20''$  unrichtig liefern können, ein Unterschied, den ich indess bei wiederholten Messungen desselben Winkels nie gefunden habe. Da ausserdem der brechende Winkel immer als Mittel aus mehreren Messungen genommen wurde, welche fast nie um mehr als  $10''$  von einander differirten, so glaube ich annehmen zu können, dafs die brechenden Winkel nie um  $10''$  unrichtig angegeben sind, ein Fehler, der die 5. Decimale der Brechungsexponenten um ungefähr 2 Einheiten affiriren würde. Da aber, wie gesagt, die brechenden Winkel stets aus mehreren Messungen, wenigstens 3, erhalten wurden, die häufig gar nicht differirten, so glaube ich als grössten durch Ungenauigkeit des brechenden Winkels erhaltenen Fehler eine Einheit auf der 5. Decimale annehmen zu dürfen.

Die Messung der Ablenkung bedingt ebenfalls 2 Messungen, die Bestimmung der Richtung des unabgelenkten und die Richtung des abgelenkten Lichtes. Erstere Richtung wird wieder als Mittel aus mehreren Messungen genommen und dadurch der bei einer einzelnen Messung mögliche Fehler auf höchstens  $5''$  herabgebracht, die Messung der Ablenkung geschieht aber jedesmal nur einmal, bei dieser kann also der ganze Fehler von  $10''$  vorkommen.

Bei der Messung der Ablenkung wäre nun noch dadurch ein Fehler möglich, dafs die Stellung des Prismas, welche dem Minimum der Ablenkung entspricht, nicht erreicht ist. Um zu untersuchen ob ein merkbarer Fehler dadurch entstanden ist, wurde mehrfach mit einem Glasprisma oder auch mit dem Flüssigkeitsprisma, welches die Temperatur der Um-

gebung hatte, die Richtung des gebrochenen Strahles bestimmt, nachdem jedesmal das Prisma neu auf die Minimumstellung gedreht war. Die Unterschiede in den verschiedenen Einstellungen überstiegen dabei niemals den Werth von  $10''$ , so dafs durch eine etwaige Abweichung von der Minimumstellung kein merklicher Fehler entstanden ist.

Der bei Messung der Ablenkung entstandene Fehler kann also im ungünstigsten Falle  $15''$  betragen. Der dadurch in den Brechungsexponenten entstehende Fehler hängt von der Gröfse der Ablenkung ab, er ist um so kleiner, je gröfser dieselbe ist, je gröfser also unter sonst gleichen Umständen der brechende Winkel des Prismas ist. Bei Ablenkungen von  $40^\circ$  etwa beträgt der dadurch entstehende Fehler ungefähr 0,000045, bei solchen von  $25^\circ$  ungefähr 0,000052, und bei Ablenkungen von  $54^\circ$  ungefähr 0,000043. Das sind etwa die Gränzen der mit meinem Prisma beobachteten Ablenkungen. Bei dem anfänglich benutzten Prisma, dessen brechender Winkel nur etwas mehr als  $49^\circ 40'$  betrug, ist der Einflufs dieses Fehlers gröfser, dort afficirt er die Brechungsexponenten um circa 7 Einheiten in der 5. Decimale.

Der durch die Winkelmessungen bedingte Fehler kann also im ungünstigsten Falle bei den Messungen mit dem Prisma, dessen brechender Winkel fast  $60^\circ$  beträgt, bei dem Alkohol 0,000062, bei dem Schwefelkohlenstoff 0,000053, im Allgemeinen also zwischen 5 und 6 Einheiten auf der 5. Decimale betragen, die mit dem kleinen Prisma gemessenen Brechungsexponenten des Glycerins  $\alpha$  und seiner Gemische mit Wasser würden im ungünstigsten Falle bis zu 8 Einheiten auf der 5. Decimale unrichtig seyn können.

Hierzu kommt nun noch ein Fehler, welcher durch Ungenauigkeit der Temperaturbestimmung eintreten kann. Da man an der Schärfe der Lichtlinie ganz sicher sieht, ob die Temperatur der Flüssigkeit im Prisma überall dieselbe ist, und da zwischen dem Einstellen des Fadenkreuzes und der Beobachtung des Thermometers nur eine Sekunde vergeht, so ist die Genauigkeit der Temperaturbestimmung nur bedingt durch die Feinheit der Theilung des Thermometers. Wie



nun in §. 2 erwähnt, waren die bei den Versuchen benutzten Thermometer in  $0^{\circ},1$  getheilt, und die Theilung des zu den Versuchen mit Schwefelkohlenstoff benutzten Thermometers so groß, daß man auf  $0^{\circ},05$  ablesen konnte. Ich rechne daher sehr hoch, wenn ich bei den ersten Messungen als Genauigkeitsgränze  $0^{\circ},1$ , bei den letzten  $0^{\circ},05$  annehme. Dadurch würde bei den Gemischen aus Glycerin und Wasser eine Unsicherheit von  $0,00002$  bis  $0,00003$ , bei den Gemischen aus Glycerin und Alkohol eine Unsicherheit von  $0,00003$  bis  $0,00004$ , bei den Chlorzinklösungen  $0,000025$  bis  $0,00003$  und bei den Gemischen aus Schwefelkohlenstoff und Alkohol eine Unsicherheit der einzelnen Werthe von  $0,00003$  bis  $0,00004$  entstehen.

Alles zusammengefaßt würde sich hiernach die Unsicherheit ergeben für die Brechungsexponenten der Gemische aus Glycerin und Wasser auf etwas mehr als eine Einheit in der 4. Decimale, für die übrigen Gemische etwa auf 9 Einheiten in der 5. Decimale. Da man nun ein Prisma von mehr als  $60^{\circ}$  brechendem Winkel wohl nicht füglich anwenden kann, so würde letzteres überhaupt die Gränze seyn, bis auf welche man mit einem  $10^{\circ}$  gebenden Spectrometer die Brechungsexponenten von Flüssigkeiten bestimmen kann, sobald man nicht ganz constante Temperaturen hat, und bei diesen die Messungen mehrfach wiederholen kann.

Für die hier vorliegende Untersuchung sind indess die in Betracht kommenden Beobachtungsfehler nicht ganz so groß. Wie in §. 1 erwähnt wurde, sind zur Prüfung der Frage, ob der Quotient aus dem um eins verminderten Brechungsexponenten und der Dichtigkeit constant ist, zunächst die für die verschiedenen Temperaturen erhaltenen Brechungsexponenten, also die in jeder einzelnen Tabelle enthaltenen Brechungsexponenten mit einander zu vergleichen. Für diese ist aber für alle ein etwa bei Bestimmung des brechenden Winkels und der Richtung des unabgelenkten Lichtes begangener Fehler derselbe, welcher alle Werthe um dieselbe Größe zu groß oder zu klein machen, in dem Verhältnisse derselben zu einander aber nichts ändern würde.

Für diese Vergleichung kommt daher nur die Unsicherheit der Bestimmung der Richtung des gebrochenen Lichtstrahls und der Temperatur in Betracht, wodurch nach dem vorigen die Unsicherheit der für die Glyceriummischungen gefundenen Werthe bis auf etwa 8 bis 9, die der übrigen bis auf 7 bis 8 Einheiten in der 5. Decimale steigen kann.

Berechnet man dann aus den sämmtlichen einer Substanz angehörigen Brechungsexponenten denselben für irgend eine Temperatur und benutzt die so gefundenen Werthe um die Brechungsexponenten der verschiedenen Gemische zu vergleichen, so sind in dem so gefundenen Werthe die bei der vorigen Betrachtungsweise in Betracht kommenden Fehler gerade so auf ein Minimum reducirt, wie wenn man aus vielen dieser Temperatur entsprechenden Werthen das Mittel nimmt. Die Ungenauigkeiten des so erhaltenen Werthes, es sind in den Tabellen die als berechnet angegebenen Werthe, übersteigen wohl kaum die durch die Bestimmung des brechenden Winkels und der Richtung des unabgelenkten Lichtes bedingten Fehler; es ist nach dem vorigen hochgeschätzt, wenn man die Unsicherheit auf 0,00004 annimmt.

Die Sicherheit in der Bestimmung der Brechungsexponenten von Flüssigkeiten erstreckt sich somit nur auf die 4. Decimale; es wird sich indeß zeigen, daß diese vollkommen ausreicht die vorliegenden Fragen zu entscheiden.

Betreffs der Genauigkeitsgränze der Dichtigkeitsbestimmungen brauche ich nach Darlegung der zu denselben angewandten Methode wohl nichts mehr hinzuzufügen; es ergibt sich aus derselben, daß bei den Dichtigkeiten nur die 5. Decimale unsicher ist.

##### 5.

Um die Abhängigkeit der Brechungsexponenten von der Temperatur darzustellen, wurde mit Benutzung sämmtlicher beobachteter Werthe für dieselben eine Interpolationsformel berechnet; anfänglich nach der Methode der kleinsten Quadrate, dann aber als sich herausstellte, daß sich die Brechungsexponenten durch eine lineare Gleichung von der Form

$$n = n^0 - b \cdot T$$

darstellen liefsen, nach einer vereinfachten Methode. Bei derselben wurde aus einer Anzahl von Werthen  $b$  nach der Gleichung

$$b = \frac{n_t - n_{t'}}{t' - t}$$

berechnet, aus den so für  $b$  gefundenen Werthen das Mittel genommen, und mit diesem  $b$  aus allen beobachteten Brechungsexponenten nach der Gleichung

$$n_0 = n + b \cdot T$$

$n_0$  berechnet und dann aus allen Werthen für  $n_0$  das Mittel genommen.

Die so erhaltenen Interpolationsformeln sind in den Tabellen unter den betreffenden Columnen und die nach denselben berechneten Werthe in den Tabellen als die berechneten Brechungsexponenten mitgetheilt. Die in den mit  $\Delta$  überschriebenen Spalten enthaltenen Zahlen geben die Unterschiede zwischen den direkt beobachteten und den so berechneten Werthen an. Eine Betrachtung dieser Differenzen zeigt, dafs im vorigen §. die Beobachtungsfehler richtig geschätzt sind, und zugleich, dafs die angegebenen Interpolationsformeln die beobachteten Brechungsexponenten mit einer solchen Genauigkeit wiedergeben, dafs wir bei den folgenden Untersuchungen anstatt der direkt beobachteten Werthe die aus den Interpolationsformeln berechneten benutzen dürfen. Der Einfachheit und Kürze wegen wird das geschehen.

Aus den mitgetheilten Zahlen ergibt sich nun zunächst, dafs die Brechungsexponenten der Flüssigkeiten ziemlich rasch mit der Temperatur abnehmen, und dafs diese Abnahme innerhalb der angewandten Temperaturgränzen der Temperaturzunahme proportional ist, wie sich das auch schon aus den frühern Versuchen, besonders der Hrn. Dale und Gladstone und Landolt, ergeben hat.

Eine Betrachtung der einer und derselben Substanz angehörigen Brechungsexponenten der verschiedenen Strahlen zeigt dann weiter, dafs die Brechungsexponenten der stür-

ker brechbaren Strahlen rascher abnehmen als die der weniger brechbaren Strahlen, somit dafs die Dispersion mit steigender Temperatur abnimmt. Diese Abnahme der Dispersion ist für die verschiedenen Substanzen eine verschiedene, und dabei zeigt sich, dafs im Allgemeinen auch die Dispersion um so stärker abnimmt, je stärker die Brechungsexponenten selbst abnehmen. Es zeigt sich das sowohl, wenn wir die Brechungsexponenten der einzelnen Substanzen, wie Schwefelkohlenstoff, Alkohol, Glycerin mit einander vergleichen, als auch wenn wir die Brechungsexponenten der Gemische mit denen ihrer Bestandtheile zusammenstellen. Auch diese Sätze ergeben sich schon aus den Versuchen der soeben genannten Beobachter.

## 6.

Wenn überhaupt eine allgemeine Beziehung zwischen Brechungsexponenten und Körperdichte derart besteht, dafs die Aenderungen der Brechungsexponenten und Körperdichten einander proportional seyn sollen, so kann diese Beziehung nur bestehen für den von der Wellenlänge unabhängigen Theil des Brechungsexponenten, da die Brechungsexponenten selbst sich in verschiedener Weise ändern. Um jene Beziehung prüfen zu können ist es deshalb zunächst erforderlich aus den beobachteten Werthen jenen von der Wellenlänge unabhängigen Theil, also die Constanten einer oder der andern Dispersionsformel zu berechnen.

Für die Substanzen, welche nur geringe Dispersion zeigen, genügt eine Formel mit 2 Constanten. Ich wählte die einfache Cauchy'sche Formel

$$n_{\lambda} = A + \frac{B}{\lambda^2},$$

da dieselbe zur Rechnung die bequemste ist, und da für die erwähnten Substanzen diese Formel vollständig ausreichte. Letzteres ergab sich daraus, dafs zunächst aus den beobachteten Werthen  $n_{\alpha}$  und  $n_{\gamma}$  die Constante  $B$  berechnet wurde, und mit diesem Werthe von  $B$  dann aus  $n_{\alpha}$  und  $n_{\beta}$  der Werth von  $A$  berechnet wurde; aus den drei sich so für  $A$  ergebenden Werthen wurde dann das Mittel genommen.

Die Unterschiede zwischen diesem Mittel und den direct gefundenen Werthen für  $A$  erreichen nur einmal 0,00008, in allen übrigen Fällen sind sie viel kleiner.

Für Schwefelkohlenstoff und dessen Gemische mit Alkohol reicht diese Formel zur Bestimmung von  $A$  nicht aus. Berechnet man nach derselben aus  $n\alpha$  und  $n\gamma$  von  $B$  und  $A$  und mit diesen Werthen dann  $n\beta$ , so zeigen sich Unterschiede, welche bei Schwefelkohlenstoff bis zu 0,0022 steigen, also die möglichen Beobachtungsfehler weit überschreiten.

Ich versuchte dann zur Bestimmung von  $A$  die Formel von Hrn. Christoffel

$$n = \frac{n_0 \sqrt{2}}{\sqrt{1 + \frac{\lambda_0}{\lambda}} + \sqrt{1 - \frac{\lambda_0}{\lambda}}}$$

in welcher bekanntlich  $n_0$  und  $\lambda_0$  zwei zu bestimmende Constanten und  $n$  den der Wellenlänge  $\lambda$  entsprechende Brechungsexponent bedeutet. Die Constanten  $n_0$  und  $\lambda_0$  ergeben sich aus den Gleichungen

$$n_0^2 = 2 \cdot \frac{n_1^2 \frac{\lambda_1^2}{n_1^4} - n_2^2 \frac{\lambda_2^2}{n_2^4}}{\frac{\lambda_1^2}{n_1^4} - \frac{\lambda_2^2}{n_2^4}}$$

und

$$\lambda_0^2 = \lambda_1^2 \frac{n_2^2}{n_1^2} \left( 2 - \frac{n_2^2}{n_1^2} \right)$$

worin  $n_1$ ,  $\lambda_1$  und  $n_2$ ,  $\lambda_2$  die Brechungsexponenten und Wellenlängen zweier Strahlen sind. Der Gröfse  $A$  der Cauchy'schen Formel entspricht in dieser Formel dann  $\frac{n_0}{\sqrt{2}}$  da  $n$  für  $\lambda = \infty$  diesen Werth erhält.

Aber auch die Formel von Christoffel gab die Beobachtungen nicht mit hinreichender Genauigkeit wieder. Wurden z. B. für Schwefelkohlenstoff aus den Brechungsexponenten des rothen und violetten Streifens die Constanten  $n_0$  und  $\lambda_0$  berechnet, und mit diesen Constanten dann der Brechungsexponent des grünen Streifens, so zeigte sich ein Unterschied von 0,000321. Es ergab sich nämlich aus den für die Temperatur 0° berechneten Werthen

$$n_{\alpha} = 1,634066$$

$$n_{\gamma} = 1,692148$$

$$\frac{n_0}{\sqrt{2}} = 1,597408$$

$$\lambda_0 = 999,112$$

$$n_{\beta} = 1,669397$$

während der beobachtete Werth von  $n_{\beta} = 1,669076$  ist.

Aus den für  $20^{\circ}$  gefundenen Werthen

$$n_{\alpha} = 1,618466$$

$$n_{\gamma} = 1,675149$$

ergab sich

$$\frac{n_0}{\sqrt{2}} = 1,582573$$

$$\lambda_0 = 994,91$$

$$n_{\beta} = 1,653170; \quad n_{\beta} \text{ beob.} = 1,652676,$$

also ein gegen das beobachtete  $n_{\beta}$  um 0,000494 zu größer Werth.

Ich will damit keineswegs behaupten, daß die Formel des Hrn. Christoffel unbrauchbar sey, um so mehr, da die beiden Linien  $\alpha$  und  $\gamma$  im Spectrum doch immerhin noch ziemlich nahe beisammen liegen, und Hr. Christoffel selbst darauf aufmerksam macht<sup>1)</sup>, daß man zur Berechnung der Constanten die Elemente zweier weit auseinanderliegender Strahlen wählen soll. Nur möchte ich mir die Bemerkung erlauben, daß es nach dem, was wir bis jetzt von der Dispersion wissen, mir nicht möglich erscheint durch eine nur 2 Constanten enthaltende Formel die Dispersion allgemein wieder zu geben. Wäre das allgemein möglich, so würde daraus folgen, daß wenn eine Substanz für 2 Strahlen dieselben Brechungsexponenten liefert, die Spectra beider Substanzen ganz identisch seyn müßten; daraus würde sich weiter eine Beziehung zwischen den totalen und den partiellen Dispersionen eines Mittels ergeben, welche nach den bisherigen Versuchen mir nicht zu existiren scheint. Ich gedenke bei einer andern Gelegenheit auf diese Fragen zurück zu kommen.

Zur Berechnung der Constanten der Brechung für den Schwefelkohlenstoff und seine Gemische mit Alkohol wurde deshalb die Cauchy'sche Dispersionsformel bis zum dritten Gliede genommen, nämlich

1) Christoffel. Diese Annalen Bd. 124.

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

und aus den drei beobachteten Brechungsexponenten  $C$  und zur Controle der Rechnung aus den beiden Gleichungen für  $B$  und den dreien für  $A$ ,  $B$  und  $A$  berechnet. Dafs diese Formel die Beobachtungen bis auf die letzte Decimale wiedergiebt, ist selbstverständlich.

Die zu den Rechnungen benutzten Werthe für die Wellenlängen habe ich den vor kurzem mitgetheilten Messungen des Hrn. Ångström<sup>1)</sup> entnommen. Die beiden Linien  $H\alpha$  und  $H\beta$  entsprechen genau den Linien  $C$  und  $F$  des Sonnenspectrums, während die Linie  $H\gamma$  einer nahe bei  $G$  liegenden entspricht, welche Hr. Ångström in seiner Tabelle als dem Wasserstoff angehörig bezeichnet, wie ich mich durch Vergleichung der Linien mit einem Flintglasprisma überzeuete. Ich erhielt nämlich als Brechungsexponenten mit diesem Prisma, dessen brechender Winkel  $60^\circ 2' 00''$  betrug.

| $C = H\alpha$ | $E = H\beta$ | $H\gamma$ | $G$      |
|---------------|--------------|-----------|----------|
| 1,743355      | 1,772210     | 1,790564  | 1,791850 |

Als Wellenlängen giebt Ångström an, in  $\frac{1}{10000000}$  par. Zoll für

| $C = H\alpha$ | $F = H\beta$ | $G$      |
|---------------|--------------|----------|
| 2426,29       | 1797,27      | 1592,34. |

Berechnet man nun nach der Cauchy'schen Formel aus  $F$  und  $G$  den Werth von  $H\gamma$ , so erhält man 1603,6, während Ångström für die bei  $G$  liegende dem Wasserstoff angehörige Linie 1604,3 angiebt.

Die von mir den Berechnungen zu Grunde gelegten Werthe für die Wellenlängen sind daher

$$H\alpha = 2426,3 \quad H\beta = 1797,3 \quad H\gamma = 1604,3$$

Werthe, welche mit den von Hrn. Plücker früher angegebenen fast identisch sind.

Nachfolgend sind die auf diese Weise erhaltenen Werthe für die Constanten der Cauchy'schen Formel mitgetheilt, zusammen mit den aus denselben sich ergebenden

1) Ångström. Diese Annalen Bd. 123, S. 489.

Werthen für die Brechungsexponenten bei 0°, neben denen zur Vergleichung die aus den Beobachtungen sich ergebenden Werthe; es sind die Constanten der Interpolationsformeln, angeführt sind

I. Mischungen aus Glycerin und Wasser.

1. Glycerin  $\alpha$ .

$$A = 1,443978 - 0,0002633 T; B = 54361,39 - 9,1490 T$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,453177     | 1,453210 | - 33     |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,460868    | 1,460804 | + 64     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,465064     | 1,465097 | - 33     |

2. Mischung 1 Wasser 3,7 Glycerin.

$$A = 1,417306 - 0,0002294 T; B = 52280,640 - 9,1444 T$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,426172     | 1,426186 | - 14     |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,433518    | 1,433490 | + 28     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,437604     | 1,437618 | - 14     |

3. Mischung 1 Wasser 1 Glycerin.

$$A = 1,381627 - 0,0001833 T; B = 47922,400 - 9,1500 T$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,389760     | 1,389767 | - 7      |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,396477    | 1,396462 | + 15     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,400239     | 1,400246 | - 7      |



4. Mischung 1 Wasser  $\frac{1}{2}$  Glycerin.

$$A = 1,361916 - 0,0001524 T; B = 45539,00 - 9,1463 T$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,369609     | 1,369651 | - 42     |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,376099    | 1,376014 | + 85     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,379567     | 1,379609 | - 41     |

## 5. Wasser.

$$A = 1,326067 - 0,00099 T; B = 41853$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,333138     | 1,333176 | - 38     |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,339101    | 1,339024 | + 77     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,342290     | 1,342328 | - 38     |

Für das Wasser ist  $B$  constant, weil sich mit steigender Temperatur innerhalb der angewandten Temperaturgränzen nicht mit Sicherheit eine Abnahme der Dispersion erkennen liefs, demnach die 1<sup>o</sup> entsprechende Abnahme der Brechungsexponenten für die verschiedenen Strahlen dieselbe ist.

## II. Mischungen aus Glycerin und Alkohol.

6. Glycerin  $\delta$ .

$$A = 1,454262 - 0,0002683 T; B = 55248,651 - 9,1462 T$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,463651     | 1,463647 | + 4      |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,471357    | 1,471365 | - 8      |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,475732     | 1,475728 | + 4      |

## 7. Mischung 1 Alkohol 4 Glycerin.

$$A = 1,433283 - 0,0002891 \text{ T}; B = 53881,273 - 18,3036 \text{ T}$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,442453     | 1,442435 | + 18     |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,449925    | 1,449963 | - 38     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,454235     | 1,454217 | + 18     |

## 8. Mischung 1 Alkohol 2 Glycerin.

$$A = 1,419385 - 0,0003010 \text{ T}; B = 50904,123 - 22,8653 \text{ T}$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,428029     | 1,428031 | - 2      |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,435148    | 1,435143 | + 5      |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,439160     | 1,439163 | - 3      |

## 9. Gemische 1 Alkohol 0,998 Glycerin.

$$A = 1,403238 - 0,0003251 \text{ T}; B = 48818,755 - 27,4433 \text{ T}$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,411538     | 1,411530 | + 8      |

| $n_{\beta}$ |          |          |
|-------------|----------|----------|
| beob.       | ber.     | $\Delta$ |
| 1,418334    | 1,418350 | - 16     |

| $n_{\gamma}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,422213     | 1,422205 | + 8      |

## 10. Mischung 1 Alkohol 0,4997 Glycerin.

$$A = 1,390209 - 0,0003504 \text{ T}; B = 47940,700 - 32,0123 \text{ T}$$

| $n_{\alpha}$ |          |          |
|--------------|----------|----------|
| beob.        | ber.     | $\Delta$ |
| 1,398365     | 1,398352 | + 13     |

51 + 201371,1 304

| beob.    | $n\beta$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|----------|
| 1,405026 |          | 1,405050 | - 24     |

| beob.    | $n\gamma$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,408848 |           | 1,408835 | + 13     |

## 11. Alkohol.

$$A = 1,360860 - 0,0003840 T; B = 44483,372 - 27,4372 T$$

| beob.    | $n\alpha$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,368431 |           | 1,368416 | + 15     |

| beob.    | $n\beta$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|----------|
| 1,374601 |          | 1,374630 | - 29     |

| beob.    | $n\gamma$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,378158 |           | 1,378143 | + 13     |

## III. Lösungen von Chlorzink.

## 12. Gesättigte Lösung.

$$A = 1,494538 - 0,0002857 T; B = 86488,1600 - 13,7560 T$$

| beob.    | $n\alpha$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,509257 |           | 1,509229 | + 28     |

| beob.    | $n\beta$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|----------|
| 1,521257 |          | 1,521312 | - 55     |

| beob.    | $n\gamma$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,528169 |           | 1,528141 | + 28     |

## 13. Mischung 1 Wasser 3,997 ges. Chlorzinklösung.

$$A = 1,447911 - 0,0002645 T; B = 73289,8666 - 9,1470 T$$

| beob.    | $n\alpha$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,460379 |           | 1,460360 | + 19     |

| beob.    | $n\beta$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|----------|----------|----------|
| 1,470561 |          | 1,470599 | - 38     |

| beob.    | $n\gamma$ | ber.     | $\Delta$ |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1,476405 |           | 1,476386 | + 19     |

## 14. Mischung 1 Wasser 1,996 conc. Chlorzinklösung.

$$A = 1,421859 - 0,0002557 T; B = 66192,2974 - 13,7200 T$$

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
|          | $n\alpha$ |          |          |
| beob.    |           | ber.     | $\Delta$ |
| 1,433093 |           | 1,433102 | - 9      |

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
|          | $n\beta$ |          |          |
| beob.    |          | ber.     | $\Delta$ |
| 1,442369 |          | 1,442351 | + 18     |

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
|          | $n\gamma$ |          |          |
| beob.    |           | ber.     | $\Delta$ |
| 1,447567 |           | 1,447576 | - 9      |

## 15. Mischung 1 Wasser 0,9998 conc. Chlorzinklösung.

$$A = 1,394583 - 0,0002487 T; B = 58998,6618 - 9,1470 T$$

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
|          | $n\alpha$ |          |          |
| beob.    |           | ber.     | $\Delta$ |
| 1,404593 |           | 1,404604 | - 11     |

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
|          | $n\beta$ |          |          |
| beob.    |          | ber.     | $\Delta$ |
| 1,412871 |          | 1,412847 | + 24     |

|          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
|          | $n\gamma$ |          |          |
| beob.    |           | ber.     | $\Delta$ |
| 1,417494 |           | 1,417506 | - 12     |

## IV. Mischungen von Schwefelkohlenstoff und Alkohol.

Für diese Gemische mußten, wie erwähnt, drei Constanten berechnet werden; es versteht sich von selbst, daß dieselben rückwärts die Werthe von  $n\alpha$ ,  $n\beta$ ,  $n\gamma$  vollkommen genau wiedergeben, deshalb sind in folgendem für diese Gemische nur die Constanten angegeben.

## 16. Schwefelkohlenstoff.

$$A = 1,601500 - 0,0007539 T$$

$$B = 159416,73 - 81,4865 T \log B_0 = 5,2025340$$

$$C = 190210743468 - 4279471734 T \log C_0 = 11,2792347$$

## 17. Mischung 1 Alkohol 3,955 Sshwefelkohlenstoff.

$$A = 1,526409 - 0,0006457 T$$

$$B = 124923,57 - 129,6448 T \log B_0 = 5,0966445$$

$$C = 126324464050 - 3567732025 T \log C_0 = 11,1014875$$

$$91 + 893071,1 \quad 304071,1$$

18. Mischung 1 Alkohol 2,12836 Schwefelkohlenstoff.

$$A = 1,491031 - 0,0005930 T$$

$$B = 111046,25 - 171,0705 T \log B_0 = 5,0455040$$

$$C = 89531720000 - 1359690000 T \log C_0 = 10,9519769$$

19. Mischung 1 Alkohol 1,03111 Schwefelkohlenstoff.

$$A = 1,449166 - 0,0005436 T$$

$$B = 86039,7206 - 109,3640 T \log B_0 = 4,9346990$$

$$C = 61015742842 - 424214350 T \log C_0 = 10,7854419$$

Um bei der spätern Vergleichung der Brechungsexponenten der Gemische mit denen ihrer Bestandtheile die Zahlen vollständig vergleichbar zu machen, habe ich schliesslich auch für den Alkohol 3 Constanten berechnet. Dieselben sind

$$A = 1,361141 - 0,0003893 T$$

$$B = 42234,620 + 14,7425 T \log B_0 = 4,6256686$$

$$C = 4027011837 - 755343333 T \log C_0 = 9,6049629$$

Wie man sieht, hat auch hier  $C$  noch einen erheblichen Einfluss, so dass mit Hinzunahme desselben die Werthe von  $A$  und  $B$  nicht unbeträchtlich anders ausfallen. Ebenso würden auch für die übrigen Gemische die Werthe etwas anders und besonders für Wasser und das Gemische 1 Wasser  $\frac{1}{2}$  Glycerin den Beobachtungen sich mehr anschliessen. Da jedoch auch bei 2 Constanten die Differenzen immer in der 5. Decimale, häufig sogar in der 6. Decimale bleiben, so hielt ich es nicht für erforderlich 3 Constanten zu berechnen.

#### 7.

Nachdem nun in §. 3 und §. 6 die Zahlen mitgetheilt sind, welche die Prüfung gestatten, ob der Quotient

$$\frac{A-1}{D}$$

allgemein constant ist oder nicht, sind im folgenden die Werthe dieses Quotienten für die verschiedenen Temperaturen, oder vielmehr die Gleichungen mitgetheilt, welche diesen Quotienten innerhalb der beobachteten Temperaturgränzen darstellen. Dieselben sind so erhalten, dass man

die im vorigen §. gegebenen Werthe von  $A$  durch die im §. 3 gegebenen Werthe von  $D$  dividirte.

I. Gemische aus Glycerin und Wasser.

1. Glycerin  $\frac{A-1}{D}$   $n = 0,35978 - 0,0000301 T$
2. 3,7 Glycerin 1 Wasser  $n = 0,35187 - 0,0000290 T$
3. 1 Glycerin 1 Wasser  $n = 0,34224 - 0,0000283 T$
4. 0,5 Glycerin 1 Wasser  $n = 0,33651 - 0,0000275 T$ .

Da die Dichtigkeit des Wassers auch innerhalb der angewandten Temperaturgränzen sich nicht durch eine lineare Gleichung darstellen läßt, so läßt sich auch der Werth dieses Quotienten nicht in obiger Weise darstellen. Dafs aber auch hier diese Quotienten nicht unbeträchtlich abnehmen, zeigen folgende Werthe, zu denen die Dichtigkeit nach Kopp benutzt wurden.

| T.  | $\frac{A-1}{D}$ |
|-----|-----------------|
| 10° | 0,325156        |
| 15° | 0,324848        |
| 20° | 0,324635        |
| 30° | 0,322456        |

Alle diese Zahlen beweisen unzweideutig, dafs für Glycerin und seine Gemische mit Wasser die Quotienten  $\frac{A-1}{D}$  mit steigender Temperatur zwar wenig, aber stetig kleiner werden. Dafs diese Abnahme nicht etwa Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist, ergiebt sich zunächst daraus, dafs dieselbe für alle diese Gemische gleichmäfsig auftritt, dann aber auch daraus, dafs die einem Grade Temperaturzuwachs entsprechende Abnahme mit zunehmendem Wassergehalt des Gemisches sich immer mehr der mittlern Abnahme dieses Quotienten für Wasser zwischen 15° und 30° annähert, der mittlern Abnahme innerhalb der Temperaturgränzen, in welchen die Brechungsexponenten gemessen sind. Für Wasser ist diese mittlere Abnahme 0,0000196.

Ein weiterer Beweis dafür ist auf folgende Weise zu führen. Wäre  $\frac{A-1}{D}$  constant, etwa gleich  $a$ , so wäre

$$A - 1 = a \cdot D.$$

Nun ist

$$D = D_0 - c \cdot T$$

$$A - 1 = A_0 - 1 - b \cdot T$$

es müßte somit

$$A_0 - 1 - b \cdot T = a \cdot D_0 - a c T$$

und da

$$A_0 - 1 = a \cdot D_0$$

so müßte auch

$$b = a c$$

seyn.

\* Folgende kleine Tabelle enthält nun die Werthe von  $b - a c$ .

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Glycerin              | $b - a c = 0,0000368$ |
| 2. 1 Wasser 3,7 Glycerin | " = 0,0000335         |
| 3. 1 " 1 "               | " = 0,0000314         |
| 4. 1 " 0,5 "             | " = 0,0000296.        |

Wenn auch diese Differenzen nur 3 bis 4 Einheiten in der 5. Decimale betragen, so ergibt sich doch, daß bei den 12 bis 15 Grade betragenden Temperatur-Differenzen diese Unterschiede in den Messungen 4 bis 5 Einheiten in der 4. Decimale bedeuten, Unterschiede, die die möglichen Beobachtungsfehler weit überschreiten.

## II. Gemische aus Glycerin und Alkohol.

Berechnet man ganz in derselben Weise aus den gegebenen Werthen für  $A$  und den Dichtigkeiten die Quotienten  $\frac{A-1}{D}$  für Glycerin  $b$  und seine Gemische mit Alkohol, so erhält man folgende Werthe

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. Glycerin $b$          | $\frac{A-1}{D} = 0,36325 - 0,0000310 T$ |
| 2. 1 Alkohol 4. Glycerin | " = 0,37955 - 0,0000337 T               |
| 3. 1 " 2 "               | " = 0,39041 - 0,0000168 T               |
| 4. 1 " 0,998 "           | " = 0,40425 - 0,0000223 T               |
| 5. 1 " 0,4997 "          | " = 0,41640 - 0,0000165 T               |
| 6. Alkohol               | " = 0,44396 - 0,0000082 T               |

Auch hier nimmt der Quotient  $\frac{A-1}{D}$  mit zunehmender Temperatur stetig ab, und zwar im Allgemeinen um so stärker, je mehr Glycerin das Gemische enthält, wenn auch hier in den Coëfficienten von  $T$  sich besonders in Folge des auffallend kleinen Quotienten für das Gemische 1:2 nicht so vollkommene Regelmäßigkeit zeigt.

Für die Differenz  $b - ac$  erhält man hier folgende Werthe

|                |          |                      |
|----------------|----------|----------------------|
| 1. Glycerin    |          | $b - ac = 0,0000377$ |
| 2. 1 Alkohol 4 | Glycerin | " = 0,0000386        |
| 3. 1 " 2       | "        | " = 0,0000180        |
| 4. 1 " 0,998   | "        | " = 0,0000220        |
| 5. 1 " 0,4997  | "        | " = 0,0000152        |
| 6. Alkohol     | "        | " = 0,0000067        |

Die Differenz ist auch hier für die 5 ersten Flüssigkeiten so groß, daß die durch die bedingte Verschiedenheit der Brechungsexponenten die Beobachtungsfehler bei weitem übersteigt. Beim Alkohol ist das nicht so der Fall, dort würde bei dem Temperaturintervall von  $10^\circ$  der Unterschied nur etwa 7 Einheiten auf der 5. Decimale seyn, ein Unterschied der gerade nicht zu groß ist, um durch die möglichen Beobachtungsfehler noch erklärt werden zu können.

### III. Lösungen von Chlorzink.

Für die Lösungen von Chlorzink erhalten die Quotienten  $\frac{A-1}{D}$  folgende Werthe

1. concentrirte Chlorzinklösung  
 $\frac{A-1}{D} = 0,25126 + 0,0000028 T$
2. 1 Wasser 3,997 conc. Chlorzinklösung  
 $\frac{A-1}{D} = 0,26579 - 0,0000003 T$
3. 1 Wasser 1,996 conc. Chlorzinklösung  
 $\frac{A-1}{D} = 0,27670 - 0,0000079 T$
4. 1 Wasser 0,9998 conc. Chlorzinklösung  
 $\frac{A-1}{D} = 0,28881 - 0,0000144 T$



So klein auch bei diesen Lösungen die Aenderungen des Quotienten  $\frac{A-1}{D}$  sind, so liefert hier der überaus regelmäßige Verlauf derselben deutlich den Beweis, daß der Quotient nicht constant ist, daß er bald abnimmt, bald zunimmt. Bei concentrirter Chlorzinklösung nimmt derselbe mit steigender Temperatur zu; wird zu der concentrirten Chlorzinklösung 0,25 ihres Gewichtes Wasser gemischt, so ist der Quotient innerhalb des beobachteten Temperaturintervalls constant, mischt man eine größere Menge Wasser hinzu, so nimmt derselbe immer mehr ab, indem sich die Abnahme jener nähert, welche innerhalb desselben Intervalls der Temperatur sich bei dem Wasser zeigt.

Ebenso deutlich zeigt sich dieses Verhalten der Chlorzinklösungen, wenn man in derselben Weise wie vorhin die Differenzen  $b - ac$  bildet. Dieselben sind

1. concentrirte Chlorzinklösung  $b - ac = -0,0000040$

2. 1 Wasser 3,997 conc. Chlorzinklösung  
 $b - ac = 0,0000005$

3. 1 Wasser 1,996 conc. Chlorzinklösung  
 $b - ac = 0,0000116$

4. 1 Wasser 0,9998 conc. Chlorzinklösung  
 $b - ac = 0,0000197.$

Bei der gesättigten Chlorzinklösung nehmen die Brechungsexponenten langsamer, bei Hinzufügung von 0,25 Wasser zu derselben eben so rasch, und bei Hinzumischung größerer Quantitäten Wasser rascher ab als die Dichtigkeiten der Lösungen.

#### IV. Gemische aus Schwefelkohlenstoff und Alkohol.

Für Schwefelkohlenstoff und die Gemische desselben mit Alkohol erhält man zunächst für die Quotienten  $\frac{A-1}{D}$  folgende Werthe

1. Schwefelkohlenstoff  $\frac{A-1}{D} = 0,46496 - 0,0000424 T$

2. 1 Alkohol 3,955 Schwefelkohlenstoff  
 $\frac{A-1}{D} = 0,45809 - 0,0000149 T$

3. 1 Alkohol 2,12836 Schwefelkohlenstoff

$$\frac{A-1}{D} = 0,45461 - 0,0000049 T$$

4. 1 Alkohol 1,03111 Schwefelkohlenstoff

$$\frac{A-1}{D} = 0,45127 - 0,0000121 T$$

Berechnet man schliesslich für den Alkohol mit dem aus der Gleichung

$$n = A + \frac{B}{\lambda^3} + \frac{C}{\lambda^4}$$

erhaltenen  $A$  und der für den zu diesen Gemischen benutzten Alkohol gefundenen Dichtigkeit

$$D = 0,81328 - 0,00085 T$$

den Quotienten  $\frac{A-1}{D}$ , so erhält man

5. Alkohol
- $\frac{A-1}{D} = 0,44405 - 0,0000147 T$

Auch hier zeigt sich bei allen Gemischen, mit Ausnahme des dritten, eine entschiedene Abnahme dieses Quotienten; worin das abweichende Verhalten dieses Gemisches seinen Grund hat, vernag ich nicht anzugeben, nur will ich bemerken, dass dasselbe in seiner Dichtigkeit eine ähnliche Ausnahme von den andern Gemischen macht. Berechnet man nämlich aus den Mengenverhältnissen der Bestandtheile die Dichtigkeit der Gemische nach der Gleichung

$$D = \frac{p+q}{\frac{p}{s} + \frac{q}{s_1}}$$

worin  $p$  und  $q$  die Gewichte  $s$  und  $s_1$  die Dichtigkeiten des Schwefelkohlenstoffs und Alkohols bedeuten, so zeigt eine Vergleichung der so berechneten Dichtigkeiten, dass bei dem Gemische 3 die geringste Dilatation stattgefunden hat. Folgende kleine Tabelle zeigt die berechneten und beobachteten Dichten zusammengestellt.

$D$  beob.

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| 2. 1 Alkoh. 3,955 Schwefelkohlenst. | 1,14913 — 0,001373 T   |
| 3. 1 Alkoh. 2,12836                 | • 1,08013 — 0,001294 T |
| 4. 1 Alkoh. 1,0311                  | • 0,99533 — 0,001178 T |

*D* ber.

2. 1,15555 — 0,001374 *T*

3. 1,08434 — 0,001293 *T*

4. 1,00172 — 0,001182 *T*

Die bei der Mischung eingetretenen Dilatationen sind somit  
bei dem Gemische 2 . . . 1:1,00558

" " " 3 . . . 1:1,00389

" " " 4 . . . 1:1,00642.

Die Differenzen  $b - ac$  erhalten hier folgende Werthe

1. Schwefelkohlenstoff  $b - ac = 0,0000538$

2. 1 Alkoh. 3,955 Schwefelkohlenst. " = 0,0000168

3. 1 " 2,12836 " = 0,0000047

4. 1 " 1,0311 " = 0,0000120

5. " " " = 0,0000119

Man sieht, wie beträchtlich beim Schwefelkohlenstoff der Unterschied zwischen der Abnahme der Brechungsexponenten und der aus der Dichtigkeitsabnahme berechneten Veränderungen ist.

## 8.

Die im vorigen Paragraphen mitgetheilten Zahlen liefern den deutlichsten Beweis, daß zwischen den Brechungsexponenten keine der bisher mehrfach angenommenen einfachen Beziehungen existirt, daß weder das aus der Emissionshypothese überkommene spezifische Brechungsvermögen  $\frac{A-1}{D}$

noch auch der Quotient aus dem um eins verminderten Brechungsexponenten und der Dichtigkeit von der Temperatur unabhängig ist. Die Brechungsexponenten nehmen im Allgemeinen mit steigender Temperatur rascher ab als die Dichtigkeiten, es kommen aber auch Fälle vor, wo die Abnahme der Brechungsexponenten und Dichtigkeiten einander proportional sind und wo die Brechungsexponenten langsamer abnehmen als die Dichtigkeiten. Das spezifische Brechungsvermögen  $\frac{A-1}{D}$  ist auch nicht annähernd constant zu setzen,

wie sich unmittelbar daraus ergibt, daß

$$\frac{A-1}{D} = (A+1) \cdot \frac{A-1}{D}$$

Der Quotient  $\frac{A-1}{D}$  dagegen zeigt sich entsprechend den Versuchen der HH. Dale und Gladstone, Landolt und Kettler sehr annähernd, in manchen Fällen völlig constant: innerhalb eines Temperaturintervalls von etwa 30° erstreckt sich die Veränderlichkeit im Allgemeinen nicht auf die dritte Decimale. Wo es deshalb nicht auf die äußerste Genauigkeit ankommt, kann man somit diesen Quotienten als constant annehmen, in soweit also die Aenderungen der Brechungsexponenten und Dichtigkeiten einander proportional setzen.

## 9.

Da nach dem vorigen die Aenderungen der Brechungsexponenten und Dichten einander nicht strenge proportional sind, so folgt eigentlich schon, daß bei den Gemischen von Flüssigkeiten die Beziehungen, welche man, gestützt auf die Constanz eines dieser Verhältnisse, zwischen den Brechungsexponenten der Bestandtheile und denen des Gemisches abgeleitet hat, nicht gültig seyn können, daß also für Flüssigkeitsgemische weder die Biot'sche Gleichung

$$\frac{A-1}{D} \cdot P = \frac{a_1-1}{d_1} \cdot p_1 + \frac{a_2-1}{d_2} \cdot p_2 + \dots$$

noch auch die derselben nachgebildete

$$\frac{A-1}{D} \cdot P = \frac{a_1-1}{d_1} \cdot p_1 + \frac{a_2-1}{d_2} \cdot p_2 + \dots$$

worin  $A$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  die constanten Glieder der Dispersionsformel für das Gemische und die Bestandtheile,  $P$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  die Gewichte,  $D$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  die Dichtigkeiten des Gemisches und der Bestandtheile bedeuten, strenge richtig seyn kann. Da aber die Beziehung, auf welche letztere Gleichung gestützt ist, der Wahrheit sehr nahe kommt, so ist es jedenfalls von Interesse zu fragen, wie weit jene Gleichung richtig ist, und mit welchem Grade von Genauigkeit man aus derselben die Brechungsexponenten eines Gemisches berechnen kann. Im Folgenden soll diese Frage an den untersuchten Gemischen discutirt werden.

## I. Gemische aus Glycerin und Wasser.

Für die Gemische aus Glycerin und Wasser sind im Folgenden zunächst jene Gleichungen für die Temperatur von 20° gebildet, da die Dichtigkeit des Wassers sich nicht wie die der Gemische und des Glycerins durch eine lineare Function der Temperatur darstellen läßt. Nach jener Gleichung müßte für das erste Gemische

$$4,7 \frac{A-1}{D} = 3,7 \frac{a_1-1}{d} + \frac{a_2-1}{d_1}$$

oder

$$\begin{aligned} 4,7 \cdot 0,35129 &= 3,7 \cdot 0,35918 + 0,32463 \\ 1,65106 &= 1,65359 \end{aligned}$$

Der aus den Bestandtheilen berechnete Werth ist somit um

$$0,00253 \text{ größer.}$$

Für das Gemisch 1 Wasser 1 Glycerin müßten gleich seyn

$$\begin{aligned} 2 \cdot 0,34168 &= 0,35918 + 0,32463 \\ 0,68336 &= 0,68381 \end{aligned}$$

der berechnete Werth ist um 0,000350 größer.

Für das Gemisch 1 Wasser 0,5 Glycerin müßten gleich seyn

$$\begin{aligned} 1,5 \cdot 0,33596 &= 0,5 \cdot 0,35918 + 0,32463 \\ 0,50394 &= 0,50422. \end{aligned}$$

Der berechnete Werth ist um 0,000280 größer.

Die aus den Bestandtheilen berechneten Werthe sind also stets etwas größer, und zwar um so mehr, je stärker das Glycerin in der Mischung überwiegt. Auch dieß beweist, daß die Brechungsexponenten rascher abnehmen als die Dichtigkeiten, wie es sich für diese Gemische bei der Veränderung der Temperatur schon gezeigt hatte. Berechnet man aus jener Gleichung, nachdem ihr die Form gegeben

$$A = 1 + D \cdot \frac{\frac{a_1-1}{d} \cdot p_1 + \frac{a_2-1}{d_2} \cdot p_2}{p}$$

die Werthe für  $A$  bei 20°, so findet man diese größer, als Poggendorff's Annal. Bd. CXXXIII.

die beobachteten. Im Folgenden sind die beobachteten und berechneten Werthe von  $A$  zusammengestellt

- 1 Wasser 3,7 Glycerin  $A$  beob. 1,412718  $A$  ber. 1,413332  
 $\Delta = -0,000614$   
 1 Wasser 1 Glycerin  $A$  beob. 1,378006  $A$  ber. 1,378192  
 $\Delta = -0,000186$   
 1 Wasser 0,5 Glycerin  $A$  beob. 1,358868  $A$  ber. 1,359069  
 $\Delta = -0,000201$

Die berechneten Werthe weichen somit in der 4. Decimale ab.

## II. Gemische aus Glycerin und Alkohol.

Im Folgenden sind die beiden Seiten der Gleichungen zusammengestellt, wie sie sich aus den Formeln für  $\frac{A-1}{D}$  ergeben

1. 1 Alkohol 4 Glycerin 1,89775 — 0,0001685  $T$ ;  
 1,89696 — 0,0001322  $T$ .
2. 1 Alkohol 2 Glycerin 1,17123 — 0,0000504  $T$ ;  
 1,17046 — 0,0000700  $T$ .
3. 1 Alkohol 0,998 Glycerin 0,80769 — 0,0000445  $T$ ;  
 0,80649 — 0,0000390  $T$ .
4. 1 Alkohol 0,4997 Glycerin 0,62457 — 0,0000245  $T$ ;  
 0,62537 — 0,0000237  $T$ .

Auch hier zeigen sich die beiden Seiten der Gleichung nicht gleich, weder in ihren constanten Theilen noch in dem Coëfficienten von  $T$ , und mit Ausnahme des Gemisches 1:2, bei welchem der Werth des Coëfficienten von  $T$  entschieden zu klein ist, ändern sich die Brechungsexponenten der Gemische beträchtlich stärker als es nach jener Berechnung der Fall ist. Deshalb hängt es hier von der Temperatur ab, bei welcher die Brechungsexponenten bestimmt sind, ob dieselben gröfser oder kleiner sind, als die für diese Temperatur aus den Bestandtheilen berechnete. Für die Temperatur 20° erhält man:

1. 1 Alkohol 4 Glycerin  $A$  beob. 1,427501;  
 $A$  ber. 1,427491  $\Delta = 0,000010$

2. 1 Alkohol 2 Glycerin  $A$  beob. 1413365;  
 $A$  ber. 1,413007  $\Delta = 0,000358$
3. 1 Alkohol 0,998 Glycerin  $A$  beob. 1,396736  
 $A$  ber. 1,396590  $\Delta = 0,000146$
4. 1 Alkohol 0,4998 Glycerin  $A$  beob. 1,383211;  
 $A$  ber. 1,383714  $\Delta = -0,000503$ .

Auch hier also differiren die Werthe in der 4. Decimale.

### III. Chlorzinklösungen.

Nimmt man bei den Chlorzinklösungen als Bestandtheile die concentrirte Lösung und Wasser, so erhält man für die Temperatur 20° folgende Werthe für die beiden Seiten der Gleichung

1. 1 Wasser 3,997 Chlorzinklösung 1,32816; 1,32911
2. 1 " 1,996 " 0,82861; 0,82624
3. 1 " 0,9998 " 0,57700; 0,57589.

Die Brechungsexponenten werden

1. 1 Wasser 3,9997 Chlorzinklösung  $A$  beob. 1,442621  
 $A$  ber. 1,442969  $\Delta = -0,000348$
2. 1 Wasser 1,996 Chlorzinklösung  $A$  beob. 1,416745  
 $A$  ber. 1,415585  $\Delta = 0,001160$
3. 1 Wasser 0,9998 Chlorzinklösung  $A$  beob. 1,389609  
 $A$  ber. 1,388871  $\Delta = 0,000738$ .

Hier treten also schon in der dritten Decimale Abweichungen zwischen den beobachteten und berechneten Brechungsexponenten hervor. Gerade bei Chlorzink hat Hr. Fouqué bei einer Arbeit über Brechungsexponenten der Salzlösungen nach einer Notiz in den *Comptes Rendus* T. 64, p. 121 ebenfalls gefunden, daß die nach dem Biot-Arago'schen Gesetze berechneten Brechungsexponenten in einzelnen Lösungen von den beobachteten besonders stark abweichen.

### IV. Gemische aus Schwefelkohlenstoff und Alkohol.

Bei den Gemischen aus Alkohol und Schwefelkohlenstoff schließlicb erhalten die beiden Seiten der der Biot'schen nachgebildeten Gleichung folgende Werthe:

1. Gemische aus 1 Alkohol 3,955 Schwefelkohlenstoff  
2,26983 — 0,0000745 T; 2,28296 — 0,0001843 T.
2. Gemische aus 1 Alkohol 2,1283 Schwefelkohlenstoff  
1,42218 — 0,0000150 T; 1,43365 — 0,0001044 T.
3. Gemische aus 1 Alkohol 1,0311 Schwefelkohlenstoff  
0,91657 — 0,0000242 T; 0,92347 — 0,0000580 T.

Die Werthe auf beiden Seiten unterscheiden sich zum Theil schon in der zweiten Decimale, und die Aenderung der beobachteten Werthe mit der Temperatur ist eine viel geringere, als die der berechneten Quotienten. Deshalb ist auch das Verhältniß zwischen den wirklichen Brechungsexponenten eines Gemisches und den aus den Bestandtheilen berechneten in den verschiedenen Temperaturen ein verschiedenes. Innerhalb des benutzten Temperaturintervalls sind die berechneten Brechungsexponenten stets größer. Bei 20° erhalten die Brechungsexponenten folgende Werthe:

1. Gemische aus 1 Alkohol 3,955 Schwefelkohlenstoff  
A beob. 1,513495 A ber. 1,515968  $\Delta = -0,002473$
2. Gemische aus 1 Alkohol 2,2183 Schwefelkohlenstoff  
A beob. 1,479171 A ber. 1,482446  $\Delta = -0,003275$
3. Gemische aus 1 Alkohol 1,0311 Schwefelkohlenstoff  
A beob. 1,438294 A ber. 1,441272  $\Delta = -0,002978$ .

Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen erreichen hier also 3 Einheiten in der dritten Decimale.

Ebenso wie bei Vergleichung der Brechungsexponenten in verschiedenen Temperaturen, ergibt sich somit aus den Brechungsexponenten der Gemische, daß der Quotient  $\frac{A-1}{D}$  nicht vollständig constant ist, weder wenn man die Dichtigkeit einer Flüssigkeit durch Erwärmung, noch auch wenn man sie durch Mischung mit einer andern Flüssigkeit ändert. Es ergibt sich aus beiden Vergleichungen, daß eine allgemein gültige einfache Beziehung zwischen den Brechungsexponenten und Dichtigkeiten nicht besteht, indem der vielerwähnte Quotient, ähnlich wie das Verhältniß zwischen



Druck und Volumen bei den Gasen, bald nach der einen, bald nach der andern Seite von der Constanz abweicht. Die Abweichungen sind aber im Allgemeinen nur so gering, daß wenn man bei Brechungsexponenten und Dichten nur 3 bis 4 Decimalen in Betracht zieht, dieser Quotient als constant angesehen werden kann, ein Umstand den ich besonders hervorhebe, um zu bemerken, daß alle die Schlüsse, welche Hr. Landolt in seinen mehrerwähnten Untersuchungen auf die Constanz dieses Quotienten aufgebaut hat, ihre Gültigkeit behalten. Man kann eben, wie schon am Schlusse der Einleitung gesagt wurde, das Gesetz

$$\frac{A-1}{D} = \text{const.}$$

in ähnlicher Weise anwenden wie das Mariotte'sche, als ein Gesetz, dem sich das Verhalten der verschiedenen Substanzen mehr oder weniger nahe anschließt.

Bonn, im Juli 1867.

---

## II. Ueber das Gesetz der Magnetisirung des weichen Eisens; von A. Roeber.

---

In den »Elektrodynamischen Maafsbestimmungen« entwickelt Weber das Gesetz der Magnetisirung weichen Eisens unter der Voraussetzung, daß das Eisen aus gleichen Molecularmagneten bestehe, welche durch gleiche, constante, moleculare Directionskräfte im natürlichen Zustande nach allen Seiten gleichmäfsig gerichtet sind.

Wirkt auf  $n$  solcher, einen Theil eines Eisenkörpers bildenden magnetischen Elemente die gleiche und gleichgerichtete Kraft  $X$ , so daß  $\frac{n \sin u \cdot du}{2}$  die Anzahl der Elemente ist, welche vor der Magnetisirung mit der Richtung von  $X$  die Winkel von  $u$  bis  $u + du$  bilden, und bezeichnet man durch  $\mu$  das ganze magnetische Moment eines Elementes, durch  $D$

die constante, mit  $X$  den Winkel  $u$  einschließende molekulare Direktionskraft, so ergibt sich für das nach der Richtung von  $X$  entstehende Moment der Seite 571 — 572 entwickelte Ausdruck:

$$y = \frac{n\mu}{2} \int_0^{\pi} \left( \frac{X + D \cos u}{\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}} - \cos u \right) \sin u \cdot du$$

Der ferner angegebene Werth des Integrals bedarf aber einer Berichtigung.

Da  $\int_0^{\pi} \cos u \cdot \sin u \cdot du = 0$ , so reducirt sich das Integral auf

$$y = \frac{n\mu}{2} \int_0^{\pi} \frac{(X + D \cos u) \sin u \cdot du}{\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}},$$

wo  $\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}$  für alle Werthe von  $u$  positiv ist.

Setzt man

$$X^2 + D^2 + 2XD \cos u = z,$$

so ist

$$\begin{aligned} \int \frac{(X + D \cos u) \sin u \cdot du}{\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}} &= -\frac{1}{4X^2D} \int \frac{z + X^2 - D^2}{\sqrt{z}} \cdot dz \\ &= -\frac{1}{4X^2D} \left[ \frac{2}{3} z^{\frac{3}{2}} + 2(X^2 - D^2) z^{\frac{1}{2}} \right] + \text{Const.} \\ &= -\frac{1}{6X^2D} [z + 3(X^2 - D^2)] \sqrt{z} + \text{Const.} \\ &= -\frac{1}{6X^2D} (2X^2 - D^2 + XD \cos u) \sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u} + \text{Const.} \end{aligned}$$

mithin

$$\begin{aligned} y &= \frac{n\mu}{2} \int_0^{\pi} \frac{(X + D \cos u) \sin u \cdot du}{\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}}, \\ &= \frac{n\mu}{6X^2D} \left\{ (2X^2 - D^2 + XD) \sqrt{X^2 + D^2 + 2XD} \right. \\ &\quad \left. - (2X^2 - D^2 - XD) \sqrt{X^2 + D^2 - 2XD} \right\}. \end{aligned}$$

Da  $\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD \cos u}$  für alle Werthe von  $u$  positiv ist, so ist  $\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD} = X + D$ , und  $\sqrt{X^2 + D^2 - 2XD} = \mp (X - D)$ , je nachdem  $X \geq D$ .

Man hat daher

$$y = \frac{n\mu}{6X^2D} \left\{ (2X^2 - D^2 + XD)(X + D) - (2X^2 - D^2 - XD)[\mp(X - D)] \right\}.$$

Es ergeben sich also, je nachdem die äussere Richtkraft  $X$  kleiner oder grösser als die molekulare Directionskraft  $D$  ist, zwei Ausdrücke für  $y$ . Bezeichnen wir dieselben durch  $y_1$  und  $y_2$ , so ist, wenn  $X < D$ ,

$$y_1 = \frac{n\mu}{6X^2D} \left\{ (2X^2 - D^2 + XD)(X + D) + (2X^2 - D^2 - XD)(X - D) \right\},$$

oder

$$(1) \quad y_1 = \frac{2}{3}n\mu \cdot \frac{X}{D};$$

wenn  $X > D$ ,

$$y_2 = \frac{n\mu}{6X^2D} \left\{ (2X^2 - D^2 + XD)(X + D) - (2X^2 - D^2 - XD)(X - D) \right\},$$

oder

$$(2) \quad y_2 = n\mu \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{D^2}{X^2} \right).$$

Der erregte Magnetismus ist also, so lange die äussere Kraft kleiner als die molekulare Direktionskraft ist, proportional der äusseren Kraft, und nimmt, wenn die äussere Kraft die grössere wird, mit derselben in immer geringerem Verhältniss zu. Sind beide Kräfte einander gleich, so ist das magnetische Moment  $\frac{2}{3}n\mu$ , oder  $\frac{2}{3}$  der Summe der ganzen magnetischen Momente aller Elemente. Wird die äussere Kraft unendlich, so ist das Moment nach der Richtung von  $X$  gleich  $n\mu$ , also gleich der Summe der ganzen Momente aller Elemente.

Nimmt man  $y$  zur Ordinate und  $X$  zur Abscisse des laufenden Punktes einer Curve, so ist dieselbe eine gerade Linie, wenn  $X < D$ , und krümmt sich gegen die Abscissenaxe, wenn  $X > D$ , um sich der der Abscissenaxe parallelen Asymptote  $y = n\mu$  zu nähern. Der Punkt  $X = D$ , wo die gerade Linie in die gekrümmte bei gleicher Ordinate,  $y = \frac{2}{3}n\mu$ ,

und gleichem Richtungscoefficienten,  $y' = \frac{1}{2} \cdot \frac{nM}{D}$  übergeht, würde der Punkt der beginnenden Sättigung genannt werden können.

Die obigen Formeln gelten nur für so kleine Theile eines Eisenkörpers, daß die äußeren Kräfte, die magnetischen Einwirkungen der übrigen Theile einbegriffen, für alle Punkte derselben als gleich betrachtet werden können. Sie gelten daher nicht unmittelbar für das magnetische Moment eines Körpers, ausgedrückt durch die Kräfte, welche für denselben als äußere anzusehen sind. Ist z. B. ein cylindrischer Eisenkern von einer hinreichend langen galvanischen Spirale umgeben, so ist zwar die Einwirkung des galvanischen Stroms auf alle Theile des Kerns dieselbe, aber der Beginn der Sättigung tritt wegen der inneren Kräfte mit wachsendem Strom zuerst am Umfange des mittleren Querschnitts ein, und verbreitet sich von da nach dem Innern und den Enden. Es gilt dann für einige Theile die Formel (1), für andere die Formel (2), während zugleich die Verhältnisse  $\frac{X}{D}$  und  $\frac{D^2}{X^2}$  für verschiedene Stellen verschieden sind. Ist aber durch irgend eine Art der Magnetisirung an keiner Stelle des magnetisirten Körpers der Beginn der Sättigung eingetreten, so ist auch in jedem Punkt desselben die innere Kraft, und somit der erregte Magnetismus des ganzen Körpers proportional der äußeren Kraft.

### III. Ueber das Eintreten des Sättigungszustandes der Elektromagnete; von Julius Dub.

Die Allgemeinheit des von Lenz und Jacobi im Jahre 1839 aufgestellten Gesetzes:

Der in einem weichen Eisenstabe durch galvanische

Ströme erregte Magnetismus ist diesen Strömen genau proportional;«<sup>1)</sup>

zogen zuerst Müller und Gartenhauser im Jahre 1850 in Zweifel.<sup>2)</sup> Die von ihnen angestellten Versuche zeigten, daß dünne Stäbe sich sehr bald einem Maximum nähern, während dickere erst später eine Abweichung des Magnetismus von der Proportionalität mit der magnetisirenden Kraft erkennen lassen. Dasselbe behauptete Joule 1851. Nachdem darauf Buff und Zamminer dieser Behauptung widersprochen hatten, zeigte Weber in seinen »Elektrodynamischen Maafsbestimmungen« S. 566 u. f., daß die Annahme drehbarer Molekularmagnete eine Annäherung an den sogenannten Sättigungszustand bedinge.

Müller hat aus seinen Versuchen die folgende Formel abgeleitet, welche alle von ihm erhaltenen Versuchsergebnisse umfaßt:

$$p = a d^3 \operatorname{tg} \frac{m}{b d^2}$$

in welcher  $p$  die magnetisirende Kraft; d. h. das Produkt aus Stromstärke und Windungszahl der magnetisirenden Spirale,  $d$  der Stabdurchmesser,  $m$  das magnetische Moment des Stabes,  $a$  und  $b$  Constanten sind. Aus dieser Formel folgt nun:

- 1) »Die Magnetisirung irgend welcher Stäbe folgt niemals dem von Lenz und Jacobi aufgestellten Gesetz, ob schon der Magnetismus, so lange  $\operatorname{tg} \frac{m}{b d^2}$  nur einen geringen Winkelwerth hat, nur so wenig von der Proportionalität mit der magnetisirenden Kraft abweicht, daß man  $p = a d^3 \frac{m}{b d^2}$  setzen kann.«
- 2) »Um in verschieden dicken Eisenstäben denselben aliquoten Theil ihres magnetischen Maximums zu erzeugen, muß man Ströme anwenden, die sich wie die Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Durchmesser verhalten.«

1) Diese Annal. Bd. 47, S. 244.

2) Diese Annal. Bd. 79, S. 337.

Neuerdings hat v. Waltenhofen Untersuchungen in Bezug auf den Sättigungszustand angestellt. Er gelangt zu Resultaten, welche nicht in allen Beziehungen mit denen von Müller, und mit dessen Formel, übereinstimmen, allein er ist in sofern mit Müller einverstanden, als er mit diesem aus seinen Versuchen den Schluss zieht, daß der Magnetismus in *keinem* Falle der Stromstärke proportional wachse. <sup>1)</sup>

Nun haben aber Untersuchungen von Wiedemann, <sup>2)</sup> und auch solche von mir, ergeben, daß innerhalb gewisser Gränzen Proportionalität des Magnetismus mit der Stromstärke vorhanden ist. Da nun die vorstehende Abhandlung von Röber zeigt, daß die von Weber gegebene Formel ebenfalls bis zu einer bestimmten Gränze die genannte Proportionalität fordert; so habe ich mich zu der nachstehenden Untersuchung entschlossen, obgleich Röber hervorgehoben hat, daß die Formel Weber's nicht das Gesetz darstellen kann, nach welchem bei einmal eingetretener Sättigung der Magnetismus abnehmen muß.

Die hier folgende Untersuchung behandelt also zunächst die Frage, ob überhaupt irgend wann Proportionalität des Magnetismus mit der Stromstärke stattfindet, und, nachdem die Resultate diese Frage bejahend beantwortet haben, wann eine Abweichung von dieser Proportionalität eintrete.

# I.

Der für diese Untersuchung zur Anwendung gekommene Apparat war folgender.

Die benutzten Eisenstäbe hatten so verschiedene Dimensionen, wie es die Beobachtung innerhalb sehr weiter Gränzen irgend wünschenswerth machte. Die Dicke der Stäbe varirte zwischen  $\frac{1}{8}$ " und 1", während von allen diesen Durchmesser Längen zwischen 4" und 36" angewandt wurden.

Für die Wahl dieser Dimensionen dienten einzig die Beobachtungsergebnisse als Bestimmungsgrund, denn ich würde

1) Elektromagnetische Untersuchungen 1865, S. 23.

2) Diese Annal. Bd. 117, S. 237.

entschieden noch viel weitere Gränzen gewählt haben, wenn sie mir zur Feststellung der folgenden Sätze nothwendig erschienen wären.

Die Gränze der Durchmesser der angewandten Stäbe bestimmte sich einfach dadurch, dafs viele der dickeren Stäbe gar keine Gränze der Proportionalität mehr zeigten, wie z. B. sogar die  $\frac{3}{4}$ " und 1" dicken, 12" langen Stäbe. Die zur Anwendung gebrachten Längendimensionen werden gewifs keinen Zweifel an der Zuverlässigkeit der Resultate wegen zu enger Gränzen, innerhalb welcher die Versuche liegen, aufkommen lassen.

Die verschieden starken Eisenstäbe wurden in eine Spirale eingeführt, welche eine grofse Anzahl von Windungen etwa 2<sup>mm</sup> dicken Kupferdrahts hat. Die Windungszahl beträgt etwa 1500. Die Spirale hat 2 $\frac{3}{4}$ " äufseren und 1" inneren Durchmesser, und ist 12 $\frac{1}{2}$ " lang. Die Spirale von so erheblicher Windungszahl gewährt den Vortheil, dafs man einen verhältnifsmäfsig grofsen elektromagnetischen Effect ohne eine allzu grofse Stromstärke hervorbringen kann. Dabei wird allerdings nichts an der Säule erspart, da der Widerstand sich sehr vergrößert, aber es gewährt den Vortheil, dafs nicht die Drähte erwärmt und so zuverlässigere Messungen unmöglich gemacht werden. Ich habe zu den Messungen eine gröfsere Säule in Anwendung gebracht, als früher, nämlich eine von fünf groveschen Elementen, während sonst schon vier hinreichten, um den Strom auf etwa 45° Ablenkung an der Tangentenbussole zu bringen und Erwärmung der Drähte zu veranlassen. Auf die Gröfse der Elemente kam es hierbei nicht an, denn wenn ich die Thoncylinder nur halb mit Salpetersäure füllte, so erhielt ich dieselbe Stromstärke, wie wenn sie fast ganz gefüllt waren. Es beweist dies, dafs der Widerstand in der Säule doch immer noch kleiner war, als der außerhalb derselben. Mit diesen fünf Elementen erhielt ich bei guter concentrirter Salpetersäure eine Nadelablenkung an der Tangentenbussole zwischen 23° bis 25°, wodurch, wie die späteren Versuche zeigen, der 1" dicke 12' lange Magnethern eine Ablenkung

von  $57^\circ$  an der  $30''$  von der Mitte des Kernes entfernten Magnetnadel hervorrief.

Um die Wirkung der Eisenkerne auf die Magnetnadel gesondert von der Wirkung der Spiralwindungen auf dieselbe zu erhalten, war die Mitte der Spirale noch mit einer Anzahl von sehr weiten (22') Windungen umgeben, deren Flächenraum gleich dem von allen Windungen der engen war. Da ich nun aber nicht genau den Flächenraum aller Windungen der engen Spirale kannte, so traf ich für die 22' weite Spirale folgende Einrichtung.

Eine 1" dicke, kreisrunde Scheibe aus Buchenholz, auf deren einer Seite starke Leisten aufgeschraubt sind, um das Verwerfen desselben zu hindern, hat an ihrer äußeren Peripherie eine 1" breite, flache Rinne, in welcher die Drahtwindungen aufgewunden sind. Dieser Windungen wickelte ich zunächst 12 der Reihe nach auf, und dann wurde das Ende mittelst einer seitwärts an der Holzscheibe eingeschraubten Klemmschraube befestigt, und der Draht an dieser Stelle von seiner Umspinnung befreit, so daß derselbe mit der Klemmschraube in leitender Verbindung sich befand. Dann wurde der Draht in einer neuen Windung in der Rinne herumgeführt und wieder seitwärts durch eine andere Klemmschraube befestigt. Solcher Windungen wurden außer den 12 noch 10 gemacht, so daß seitwärts sich 10 Klemmschrauben befanden. Nachdem nun die Scheibe auf der Mitte der Längsrichtung der engen Spirale befestigt, und die letztere in die Mitte der Scheibe gebracht war, leitete ich den Strom durch beide Spiralen in entgegengesetzter Richtung und befestigte den Leitungsdraht von der weiten Spirale ab so oft in eine andere der 10 Klemmschrauben, durch deren jede der Strom weiter geleitet wird, bis ich diejenige getroffen hatte, mittelst welcher die Summen der Flächen der weiten Windungen gleich der der engen wurde, d. h. bis sich keine Ablenkung an der Magnetnadel durch diese Spiralen zeigte. Uebrigens muß ich bemerken, daß diese Vorrichtung unwesentlich ist, da hier nur beobachtet werden soll, wann die Nadelablenkung durch den



Magnet nicht mehr dem Strome proportional wächst. Da die Ablenkung durch die Spirale allein stets dem Strome proportional ist, so ist die Abweichung von der Proportionalität doch allein durch den Magneten bedingt, muß also bei derselben Stromstärke eintreten, mag die Einwirkung der Spirale mit abgelesen werden oder nicht.

Die Magnetnadel zum Messen der magnetischen Intensität befand sich in der Axe der Spirale, bei den 12" langen Kernen, 2½ Fufs von der Mitte derselben entfernt. Sie ist 1" lang und auf einem Zeiger von Kupfer befestigt, welcher in einer Spitze endigt. Die Spitze reicht bis zur Peripherie eines 9" weiten, getheilten Metallkreises. Die Theilung hat halbe Grade, so daß man sehr bequem  $\frac{1}{4}^{\circ}$  ablesen und  $\frac{1}{8}^{\circ}$  schätzen kann. Wenn in den Beobachtungsreihen 16 tel Grade vorkommen, so sind diese durch Berechnung der Mittel aus mehreren Versuchen hervorgegangen. Diese Nadel mit ihrem Zeiger ist an einem 10½" langen Coconfaden befestigt, welcher in einem Glasrohr hängt, das auf der Scheibe steht, die den getheilten Metallkreis bedeckt. Drei Mikrometerschrauben an dem Fußgestell der Bussole erleichtern das Horizontalstellen derselben. Um die noch vorhandene Torsion des Coconfadens zu beobachten und zu entfernen, stellte ich den getheilten Kreis in die auf andere Weise ermittelte Richtung des magnetischen Meridians und führte nun, wenn dann die Nadel nicht auf Null zeigte, dieselbe mittelst eines kleinen Magnetstabes ein oder mehrere Male im Kreise herum, bis dies stattfand. Darauf wurde geprüft, ob nun ein geringer Strom die Nadel nach beiden Seiten um Gleiches ablenkte. Diese Vorsorge hatte nur den Zweck möglichst gleichmäßige Messungen zu erhalten. Fehler konnten auch bei etwa vorhandener Torsion nicht vorkommen, da die Messungen stets so wiederholt wurden, daß der Strom auch in entgegengesetzter Richtung durch die Spirale geleitet, die Magnetnadel also immer, und wiederholt, nach beiden Seiten hin abgelenkt wurde.

Zur bequemen Umkehrung des Stromes bediente ich mich eines Wettin'schen Gyrotropen, wie er auf S. 638

meines Buches über »Anwendung des Elektromagnetismus« beschrieben ist. Die Leitungsdrähte gingen von der Säule aus zunächst nach diesem Gyrotropen, von da nach der Spirale und von da nach der Tangentenbussole, welche 12 Fufs von der Spirale aufgestellt war.

Bei den kürzeren Megnetstäben, welche in die Mitte der Spirale gebracht wurden, rückte ich die Spirale der Magnetnadel näher, um bei Anwendung der dünnen Stäbe gröfsere und somit sicherer zu beobachtende Ablenkungen zu erhalten. Aus diesem Grunde sind nicht alle Versuche direkt mit einander vergleichbar in Bezug auf ihr Verhältnifs zu den Dimensionen der angewandten Kerne. Natürlich hat dies keinen Einfluss auf das Eintreten des Sättigungszustandes, welcher ja ganz in derselben Weise hervortreten mufs, mag der Kern in gröfser oder geringer Entfernung auf die Nadel wirken, wenn nur die Entfernung jedes einzelnen Kernes bei Anwendung der verschiedenen Stromstärken constant blieb, d. h. wenn nur der Abstand der Nadel nicht bei ein und derselben Versuchsreihe wechselte.

Auf dem Wege von der Spirale bis zur Tangentenbussole war auch ein Rheostat eingeschaltet, welcher aus 24 Fufs Neusilberdraht besteht. Mittelst dieses Rheostaten wurde es möglich, trotz des grofsen Widerstandes ausserhalb der Säule, den Strom um circa 3° bis 4° zu ändern und so jede beliebige Stromstärke herzustellen.

Vor jeder einzelnen Beobachtung wurde zunächst die Säule geschlossen und durch den Rheostaten die Ablenkung der Nadel der Tangentenbussole regulirt. Erst wenn diese zur Ruhe gekommen war, wurde der Kern in die Spirale eingeführt, damit nicht etwa ein Einfluss auf die Tangentenbussole die Versuche ungenau mache.

## II.

Zunächst wandte ich 12" lange Eisenkerne von folgenden Durchmesser an: 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{5}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{5}{16}$ ",  $\frac{3}{16}$ ",  $\frac{2}{16}$ ". Dieselben ergaben die nachstehenden Resultate:

## 1.

Kern 12" lang, 1" dick. Entfernung der Mitte der Bussolelnadel von der Mitte des Kernes: 30".

| Stromstärke = $s$ | Magnetismus = $m$              | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------|--------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524    | tg 10 $\frac{1}{2}$ ° = 0,1853 | 3536          |
| » 5 = 0,0875      | » 17 $\frac{5}{16}$ = 0,3117   | 3561          |
| » 7 = 0,1228      | » 23 $\frac{1}{4}$ = 0,4348    | 3540          |
| » 9 = 0,1584      | » 29 $\frac{7}{8}$ = 0,5744    | 3626          |
| » 11 = 0,1944     | » 35 $\frac{3}{8}$ = 0,7100    | 3652          |
| » 13 = 0,2309     | » 40 $\frac{1}{2}$ = 0,8541    | 3689          |
| » 15 = 0,2679     | » 44 $\frac{1}{4}$ = 0,9742    | 3640          |
| » 17 = 0,3057     | » 48 $\frac{1}{2}$ = 1,130     | 3696          |
| » 20 = 0,3640     | » 53 $\frac{3}{16}$ = 1,336    | 3670          |
| » 23 = 0,4245     | » 57 $\frac{1}{2}$ = 1,570     | 3698          |

Bei diesem, wie allen folgenden Quotienten  $\frac{m}{s}$  ist das Komma weggelassen. Jeder einzelne Werth unter  $m$  ist das Mittel aus wenigstens zwei Versuchen, nämlich der Magnetisirung in beiden entgegengesetzten Richtungen. Manche Werthe sind die Mittel aus vier, sechs und noch mehr Versuchen.

## 2.

Kern 12" lang,  $\frac{3}{4}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| Stromstärke = $s$ | Magnetismus = $m$             | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------|-------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524    | tg 9 $\frac{1}{4}$ ° = 0,1629 | 3089          |
| » 5 = 0,0875      | » 15 $\frac{1}{8}$ = 0,2703   | 3089          |
| » 7 = 0,1228      | » 20 $\frac{1}{4}$ = 0,3689   | 3004          |
| » 9 = 0,1583      | » 25 $\frac{3}{4}$ = 0,4825   | 3048          |
| » 11 = 0,1944     | » 31 = 0,6018                 | 3095          |
| » 13 = 0,2309     | » 35 $\frac{3}{4}$ = 0,7199   | 3117          |
| » 15 = 0,2679     | » 39 $\frac{1}{2}$ = 0,8243   | 3077          |
| » 17 = 0,3057     | » 53 $\frac{7}{8}$ = 0,9601   | 3141          |
| » 20 = 0,3640     | » 48 $\frac{7}{16}$ = 1,128   | 3098          |
| » 23 = 0,4245     | » 52 $\frac{1}{4}$ = 1,315    | 3095          |

## 3.

Kern 12" lang,  $\frac{5}{8}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| Stromstärke = $s$ | Magnetismus = $m$              | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------|--------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524    | tg 8 $\frac{1}{2}$ ° = 0,1427  | 2723          |
| » 5 = 0,0875      | » 13 $\frac{1}{2}$ ° = 0,2432  | 2779          |
| » 7 = 0,1228      | » 18 $\frac{1}{2}$ ° = 0,3346  | 2724          |
| » 9 = 0,1583      | » 23 $\frac{3}{8}$ ° = 0,4322  | 2730          |
| » 11 = 0,1944     | » 28 $\frac{3}{8}$ ° = 0,5401  | 2778          |
| » 13 = 0,2309     | » 33 $\frac{7}{16}$ ° = 0,6602 | 2859          |
| » 15 = 0,2679     | » 37 $\frac{1}{8}$ ° = 0,8636  | 2850          |
| » 17 = 0,3057     | » 41 $\frac{1}{4}$ ° = 0,8769  | 2868          |
| » 20 = 0,3640     | » 46° = 1,0360                 | 2846          |
| » 23 = 0,4245     | » 49 $\frac{1}{2}$ ° = 1,1610  | 2735          |

Dies ist der erste Kern, bei welchem sich bei der letzten Messung plötzlich eine Abnahme zeigt, die wir als den Anfang des hervortretenden Sättigungszustandes betrachten müssen.

## 4.

Kern 12" lang,  $\frac{1}{2}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| $s$            | $m$                           | $\frac{m}{s}$ |
|----------------|-------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524 | tg 6 $\frac{1}{2}$ ° = 0,1161 | 2215          |
| » 5 = 0,0875   | » 11 $\frac{1}{8}$ ° = 0,2011 | 2297          |
| » 7 = 0,1228   | » 16° = 0,2768                | 2336          |
| » 9 = 0,1583   | » 20 $\frac{1}{4}$ ° = 0,3788 | 2393          |
| » 11 = 0,1944  | » 24 $\frac{3}{4}$ ° = 0,4610 | 2372          |
| » 13 = 0,2309  | » 28 $\frac{1}{2}$ ° = 0,5514 | 2388          |
| » 15 = 0,2679  | » 32 $\frac{3}{8}$ ° = 0,6340 | 2366          |
| » 17 = 0,3057  | » 35 $\frac{3}{8}$ ° = 0,7099 | 2322          |
| » 20 = 0,3640  | » 37 $\frac{1}{2}$ ° = 0,7794 | 2142          |
| » 23 = 0,4245  | » 40° = 0,8391                | 2038          |
| » 25 = 0,4663  | » 40 $\frac{1}{2}$ ° = 0,8616 | 1848          |

In diesem Falle tritt der Sättigungszustand zwischen 15° und 17° ein.

## 5.

Kern 12" lang,  $\frac{3}{8}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| $s$            | $m$                            | $\frac{m}{s}$ |
|----------------|--------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524 | tg 6 $\frac{1}{16}$ ° = 0,1061 | 2025          |
| " 5 = 0,0875   | " 10 $\frac{1}{8}$ ° = 0,1786  | 2041          |
| " 7 = 0,1228   | " 14° = 0,2493                 | 2030          |
| " 9 = 0,1583   | " 17 $\frac{1}{8}$ ° = 0,3237  | 2042          |
| " 11 = 0,1944  | " 21 $\frac{1}{4}$ ° = 0,3964  | 2039          |
| " 13 = 0,2309  | " 23 $\frac{3}{4}$ ° = 0,4400  | 1904          |
| " 15 = 0,2679  | " 25 $\frac{1}{2}$ ° = 0,4716  | 1760          |
| " 17 = 0,3057  | " 26 $\frac{1}{4}$ ° = 0,4931  | 1613          |
| " 20 = 0,3640  | " 27 $\frac{1}{2}$ ° = 0,5232  | 1355          |
| " 23 = 0,4245  | " 28 $\frac{1}{2}$ ° = 0,5429  | 1279          |

Eintreten des Sättigungszustandes zwischen 11° und 13°.

## 6.

Kern 12" lang,  $\frac{5}{16}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| $s$            | $m$                            | $\frac{m}{s}$ |
|----------------|--------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524 | tg 5 $\frac{1}{16}$ ° = 0,0886 | 1691          |
| " 5 = 0,0875   | " 8 $\frac{1}{8}$ ° = 0,1462   | 1671          |
| " 7 = 0,1228   | " 11 $\frac{3}{4}$ ° = 0,2080  | 1693          |
| " 9 = 0,1583   | " 14 $\frac{1}{2}$ ° = 0,2667  | 1684          |
| " 11 = 0,1944  | " 15 $\frac{5}{8}$ ° = 0,2795  | 1437          |
| " 13 = 0,2309  | " 16 $\frac{3}{4}$ ° = 0,2985  | 1292          |
| " 15 = 0,2679  | " 17 $\frac{1}{2}$ ° = 0,3153  | 1176          |
| " 17 = 0,3057  | " 18 $\frac{1}{8}$ ° = 0,3260  | 1066          |
| " 20 = 0,3640  | " 19 $\frac{1}{4}$ ° = 0,3467  | 952           |
| " 23 = 0,4245  | " 19 $\frac{3}{4}$ ° = 0,3590  | 845           |

Hier tritt der Sättigungszustand zwischen 9° und 11° auf.

## 7.

Kern 12" lang,  $\frac{3}{16}$ " dick. Entfernung v. d. Nadel: 30".

| $s$                           | $m$                             | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------|
| tg 3° = 0,0524                | tg 2 $\frac{3}{16}$ ° = 0,04454 | 850           |
| " 5 = 0,0875                  | " 4 $\frac{1}{4}$ ° = 0,07431   | 849           |
| " 7 = 0,1228                  | " 5 $\frac{1}{2}$ ° = 0,09835   | 809           |
| " 9 = 0,1583                  | " 6 $\frac{3}{8}$ ° = 0,1105    | 697           |
| " 11 = 0,1944                 | " 6 $\frac{1}{2}$ ° = 0,1216    | 625           |
| " 13 $\frac{1}{4}$ ° = 0,2355 | " 7 $\frac{1}{4}$ ° = 0,1272    | 543           |
| " 15 $\frac{1}{4}$ ° = 0,2726 | " 7 $\frac{1}{2}$ ° = 0,1316    | 482           |

Der Sättigungszustand zeigt sich zwischen 5° und 7°.

Kern 12" lang,  $\frac{3}{16}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 30".

| $s$                           | $m$                                       | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------------------|---|---------------|
| $\text{tg } 3^\circ = 0,0524$ | $\text{tg } 2\frac{3}{8}^\circ = 0,04134$ | 788           |
| " 5 = 0,0875                  | " $3\frac{1}{4} = 0,05678$                | 649           |
| " 7 = 0,1228                  | " $3\frac{1}{8} = 0,06701$                | 545           |
| " 9 = 0,1583                  | " $4\frac{1}{2} = 0,07870$                | 496           |
| " 11 = 0,1944                 | " $4\frac{3}{4} = 0,08309$                | 427           |
| " $15\frac{1}{4} = 0,2726$    | " $5\frac{1}{4} = 0,09189$                | 337           |

Diese Reihe zeigt, daß bei der gegebenen Spirale eine Stromstärke von nur  $5^\circ$  schon zu groß ist, um nicht Sättigung zu bewirken.

Wie bereits an den betreffenden Orten hervorgehoben ist, zeigen die Quotienten aller Reihen, mit Ausnahme der beiden ersten, einen Punkt, von welchem ab Sättigung auftritt. Wir wollen diesen Punkt fernerhin der Kürze halber den Sättigungspunkt nennen. Es ist leicht zu erkennen, daß die beiden ersten Reihen, wo der Kern 1" und  $\frac{3}{4}$ " Durchmesser hat, einfach aus dem Grunde keinen Sättigungspunkt zeigen, weil die Stromstärke noch nicht zu der Höhe gestiegen ist, bei der diese Sättigung in so starken Kernen hervortreten muß.

Noch ist eine andere Beobachtung hervorzuheben, deren auch Wiedemann Erwähnung thut <sup>1)</sup>, und die diese, wie auch mehrere folgende Reihen, bei denen die geeigneten Umstände vorhanden sind, unleugbar erkennen lassen. Nach früheren Beobachtungen soll nämlich bis zu dem Sättigungspunkte absolute Proportionalität zwischen dem Strome und dem Magnetismus stattfinden; es müßte also in den hier gegebenen Reihen absolute Gleichheit der Quotienten  $\frac{m}{s}$  vorhanden seyn. Diefß ist nicht überall der Fall. Die hier aufgeführten, wie auch die folgenden Reihen, zeigen in den Quotienten  $\frac{m}{s}$ , wenn die Magnetisirung mittelst eines Stromes geschieht, dessen Intensität von der des Sättigungspunktes noch

1) Diese Ann. Bd. 117, S. 287.

weit entfernt ist, ein *geringes* Ansteigen bis zu einer bestimmten Höhe, von der ab dann bis zum Sättigungspunkte die Quotienten, abgesehen von den Beobachtungsfehlern, als absolut gleich sich herausstellen.

Dieses geringe Ansteigen macht sich bei den bis jetzt angeführten Reihen besonders in No. 1, 3 und 4 bemerkbar. Bei den Reihen von No. 5 ab ist es deshalb nicht zu erkennen, weil die zuerst angewandte Stromstärke ( $3^\circ$ ) bereits dem Sättigungspunkte nahe liegt. Da, wie schon erwähnt, alle Reihen unter den gegebenen Bedingungen dasselbe beobachten lassen, so kann dieses nicht unerwähnt bleiben, obgleich diese Abweichung von der Proportionalität mit dem Strome nur gering ist. Wie ich glaube, hängt dieselbe mit dem remanenten Magnetismus zusammen, d. h. sie hat ihren Grund in der nicht absoluten Weichheit der Eisenstäbe. Für diese Ansicht spricht besonders der Stab in No. 2 ( $\frac{1}{4}$ " dick), welcher weniger remanenten Magnetismus hat, als die anderen, und der auch in dieser Beziehung von ihnen abweicht. Wie gering aber überhaupt dieses Ansteigen der Quotienten ist, erhellt daraus, dass in dem Falle, wo es aus erklärlichen Umständen am grössten ist, bei einer Zunahme des Stromes von 524 bis 2309, also fast auf das Fünffache, die Quotienten von 3536 auf 3699, also etwa um 5 Proc., steigen, was bei einer Verdopplung des Stromes etwas mehr als 1 Proc. beträgt.

Hr. v. Waltenhofen macht dieselbe Beobachtung<sup>1)</sup>, nur kann ich ihm nicht beistimmen, wenn er sagt: „Dieser Quotient *wächst* bis zu einem gewissen Maximum (welches dem Wendepunkte entspricht) und nimmt *von hier an fortwährend ab*.“ Liegen die magnetisirenden Stromstärken nicht weit von dem Sättigungspunkte, so ist kein Ansteigen zu bemerken, wie dieses die Reihen No. 5, 6 und 7 und auch viele folgenden zeigen.

Es bleibt späteren Untersuchungen vorbehalten, diese ge-

1) Abdruck des Sitzungsberichtes der Wiener Akademie vom 16. Juni 1865, S. 23.

ringe Abweichung von der absoluten Proportionalität aufzuklären.

*Hiernach ist also im Allgemeinen der Magnetismus bis zu einem bestimmten Grade der Magnetisirung der magnetisirenden Kraft proportional. Von diesem Punkte ab tritt Sättigung auf, die ein schnelles Sinken des Verhältnisses zwischen Magnetismus und magnetisirender Kraft bewirkt.*

Wir verstehen also, wie dies bereits vor den Physikern acceptirt ist, unter magnetischer Sättigung eines Eisenstabes diejenige magnetische Intensität desselben, welche, verglichen mit einer geringeren, nicht mehr der magnetisirenden Kraft proportional gewachsen ist. Wie bereits vorn bemerkt, wollen wir den Punkt, von welchem ab die Sättigung anfängt, den *Sättigungspunkt* nennen.

### III.

Nachdem der vorgenannte Satz sich ergeben hatte, entstand zunächst die Frage, welchen Einfluss, bei Anwendung cylindrischer Kerne, der Durchmesser, wie die Länge derselben üben.

In Bezug hierauf ist, wie bereits erwähnt, von Müller der Satz aufgestellt worden, dass zur Erzeugung des aliquoten Theiles ihres magnetischen Maximums für verschieden dicke Eisenstäbe Ströme angewendet werden müssen, welche der Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Durchmesser proportional sind.

Da jedoch dieser Satz aus der Formel abgeleitet ist, welche in sofern nicht mit der Erfahrung übereinstimmt als durch sie behauptet wird, der Magnetismus wäre niemals der Stromstärke proportional, so war zu prüfen, ob nicht dessenungeachtet der Satz hinsichtlich der  $\frac{3}{2}$ ten Potenz der Durchmesser der Beobachtung entspräche.

In Bezug auf den Einfluss der Länge sagt Müller <sup>1)</sup> »Sollen in zwei Spiralen von verschiedener Länge, aber sonst gleicher Einrichtung, zwei Eisenstäbe von gleichem Durchmesser und einer der Spirale proportionalen Länge

1) Fortschritte d. Physik S. 517.



bis zu demselben aliquoten Theil des absoluten Maximums magnetisirt werden, so ist die hierzu erforderliche Stromstärke dem Quadrat der Länge umgekehrt proportional.»

Für diesen Satz hat, so viel mir hekannt ist, Müller keine experimentellen Beweise geliefert, die Schlüsse aber, aus denen er ihn auf der erwähnten Seite 517 abgeleitet, sind, wie wir bald sehen werden, deshalb nicht stichhaltig, weil dabei unberücksichtigt gelassen ist, »dafs der Magnetismus ceteris paribus der Quadratwurzel der Länge proportional ist.«

Außer diesem Satze sind nun hinsichtlich des Einflusses der Länge der Kerne nur noch Andeutungen von Weber vorhanden.

In seinen elektrodynamischen Maafsbestimmungen S. 567 sagt nämlich Weber:

»Als ein wesentlicher Umstand ist hervorzuheben, dafs die von Müller, Buff und Zamminer gebrauchten Spiralen kürzer als die dadurch magnetisirten Eisenstäbe waren. Bei Müller<sup>1)</sup> war dieser Unterschied nur gering, indem die Eisenstäbe nur 15<sup>mm</sup> zu beiden Seiten aus der Spirale hervorragten; bei Buff und Zamminer<sup>2)</sup> war er aber viel gröfser, indem die Enden des längsten und dünnsten Stabes 45<sup>mm</sup> zu beiden Seiten aus der Spirale hervorragten. Außerdem wurde der davon herrührende Einflufs bei Buff's und Zamminer's Versuchen verhältnifsmäfsig dadurch noch verstärkt, dafs die Länge des in der Spirale eingeschlossenen Theiles nur 110<sup>mm</sup> betrug, bei Müller dagegen 300<sup>mm</sup>. Dieser Umstand dürfte der Hauptgrund von der scheinbaren Differenz der Resultate seyn, zu denen diese Beobachter gelangt sind; denn es leuchtet ein, dafs die Wirkung der Spirale auf das Eisen in der Mitte der Spirale am stärksten ist, nach den Enden aber abnimmt, und dafs diese Abnahme auferhalb der Spirale auferordentlich grofs ist. Daraus folgt, dafs, wenn auch bei wachsender Stromstärke die in dem mittleren Theile des Stabes hervorgebrachte Wir-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 338 und Bd. 82, S. 183.

2) Wöhler und Liebig's Ann. Bd. 75, S. 88.

kung einem Grönzwerthe sich näherte, eine solche Annäherung bei den außerhalb der Spirale befindlichen Theilen noch keineswegs merklich seyn konnte. Bei den folgenden Versuchen wurde eine Spirale gebraucht, die bedeutend länger als der Eisenstab war, so daß nach den Art. 18 entwickelten Gesetzen die von der Spirale auf die Enden des Stabes ausgeübte Kraft von der auf die Mitte nicht merklich verschieden war, wodurch allein ein sicheres Resultat erhalten werden konnte.« Die hier angegebenen Gründe Weber's involviren folgende Sätze:

a) »Je kürzer unter übrigens gleichen Umständen die Spirale im Verhältniß zu den Kernen ist, desto später tritt Sättigung ein.«

b) »Wenn bei wachsender Stromstärke in dem mittleren Theile des Stabes Sättigung eintritt, so ist deshalb in der Wirkung des ganzen Stabes noch keine Sättigung bemerkbar, wenn die außerhalb der Spirale befindlichen Theile noch keine Sättigung erlangt haben.«

Ich kann mich mit diesen Sätzen nach den bereits bekannten Erscheinungen nicht einverstanden erklären.

Zwar ist es durchaus wichtig und interessant zu wissen, daß in einer Spirale, die 40mal so lang als weit ist, auf  $\frac{1}{4}$  ihrer Länge bis auf 1 Proc. gleiche magnetisirende Kraft geübt wird; warum aber über das Auftreten der magnetischen Sättigung nur dadurch ein sicheres Resultat erlangt werden kann, daß der Stab auf seiner ganzen Länge mit gleicher Kraft magnetisirt wird, geht weder aus den Untersuchungen hervor, noch ist es aus anderen Gründen einzusehen. Ich kenne ferner keinen Grund, weshalb nicht Sättigung an einem Stabe bemerkbar werden soll, wenn nur in einem Theile des Stabes Sättigung vorhanden ist. Es ist bekannt, daß der Magnetismus eines Eisenstabes verstärkt wird, wenn auf beiden Seiten desselben Stücke Eisen angesetzt werden. Nun ist aber nicht einzusehen, warum die Ansatzstücke nicht ebensowohl Sättigung erzeugen sollen, wenn sie aus der Spirale hervorragen, als wenn dieselbe magnetisirende Kraft mit über sie verbreitet wird. Nehmen wir an, der ursprüng-

liche Stab war gerade bis zur Sättigungsgränze magnetisirt, so müssen die hinzugefügten Ansatzstücke, da sie den Magnetismus vermehren, doch unzweifelhaft Sättigung hervorru- fen; d. h. es muß jetzt eine um etwas erniedrigte Strom- stärke einen größeren Quotienten  $\frac{m}{s}$  ergeben, als der ist, den man mit der vorher angewandten größeren erhält.

Ist dies richtig, so kann der Grund, weshalb Buff und Zamminer keine Sättigung beobachtet haben, nicht darin liegen, daß ihre Stäbe bei gleicher magnetisirender Kraft weiter aus der Spirale hervorragten als die Müller's. Es versteht sich wohl von selber, daß von dem Falle, wo *nicht* gleiche magnetisirende Kraft vorhanden ist, nicht die Rede seyn kann.

Hiermit hängt ferner zusammen, daß erst zu erweisen ist, ob eine kürzere Spirale bei derselben magnetisirenden Kraft und sonst gleichen Umständen *später* Sättigung er- zeugt, als eine längere.

Was nun zunächst den Einfluß des Durchmessers der Magnetstäbe betrifft, so kann derselbe annäherungsweise aus den bereits aufgeführten 8 Versuchsreihen erkannt werden. In den beiden ersten ist keine Sättigung erkennbar. Bei den folgenden ergibt sich:

|                    |                 |                 |                 |                  |                  |                 |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Reihe No.          | 3.              | 4.              | 5.              | 6.               | 7.               | 8.              |
| Kerndurchmesser    | $\frac{3}{8}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{8}$ " | $\frac{6}{16}$ " | $\frac{3}{16}$ " | $\frac{1}{8}$ " |
| Sättigung zwischen | 20°—23°         | 15°—17°         | 11°—18°         | 9°—11°           | 5°—7°            | 1°—3°           |

Nach der Differenz des dem Sättigungspunkte folgenden Quotienten und des beim Sättigungspunkte selbst läßt sich annäherungsweise schliessen, welche der oben angegebenen Stromstärken wohl diejenige ist, bei welcher dieser Punkt eintritt. Nehmen wir jedoch aus den gegebenen Werthen das Mittel, nehmen wir an, daß der Sättigungspunkt bei dem  $\frac{1}{8}$ " starken Kerne bei 2° und bei dem  $\frac{3}{8}$ " starken bei 21½° eintritt, so verhalten sich also die Kerndurchmesser wie 1:5, dagegen die Stromstärken wie 0,035:0,394 oder wie 1:11,26. Sollten sich nun die Stromstärken wie die 5ten Potenzen der Kerndurchmesser verhalten, so wäre dieses Verhältniß

$$1 \cdot 5^{2,36} = 1:11,8.$$

Das oben gefundene Verhältniß 1 : 11,26 ist wahrscheinlich etwas zu groß, allein auch bei den übrigen ist dasselbe immer größer als das der Durchmesser selbst. Beachtet man nun aber, daß bei den verschiedenen Stäben dieselbe Spirale angewendet wurde, welche größeren Durchmesser hatte, als der stärkste hier in Rechnung gezogene Kern; so läßt sich wenigstens annäherungsweise schließen, daß trotz der sonstigen Mängel der Formel von Müller diese an derselben richtig ist: die Sättigung tritt bei verschieden starken Kernen, wenn die Spirale eine den Durchmessern proportionale Weite hat, bei einer Stromstärke ein, welche sich wie die  $\frac{3}{2}$ te Potenz der Kerndurchmesser verhält.

Ich muß auch hier wieder an die von Hrn. Wiedemann «zu frei» genannte Correction <sup>1)</sup> erinnern, in Folge welcher das Verhältniß des Magnetismus bei Kernen von doppelter Dicke sich etwa um 10 Proc. verengert, wenn Spiralen von proportionaler Weite angewandt werden, im Vergleich zu demjenigen, wenn die verschieden starken Kerne durch dieselbe Spirale magnetisirt werden. Ich komme später noch einmal auf diesen Punkt zurück. Wenn nun aber die Magnetisirung bei eng umschließender Spirale, oder solcher von proportionaler Weite, stärker wird bei dünnerem Kerne, so muß der Sättigungszustand *eher* eintreten als im anderen Falle, d. h. während für diesen Fall das Verhältniß der Magnetismen zu einander sich verengert, muß das Verhältniß für die Stromstärke, bei welcher Sättigung auftritt, sich erweitern, weil ja um so eher Sättigung eintritt, je stärker *ceteris paribus* die Magnetisirung ist.

Die hier angegebenen Gründe würden mich übrigens noch nicht bestimmt haben, den Satz, daß die Magnetisirung ihren Sättigungspunkt bei Stromstärken erreicht, welche der  $\frac{3}{2}$ ten Potenz der Stab-Durchmesser proportional sind, als richtig anzuerkennen. Allein auch andre, aus früher gefundenen Sätzen abgeleitete Schlüsse führen verbunden mit den Versuchsergebnissen zu diesem Satze. Ich behalte mir indess

1) Wiedemann, Galv. v. Elektrom. II, 1, S. 325.

vor, diese Schlüsse in Bezug auf den vorliegenden Fall erst später im Zusammenhange mit dem Uebrigen zu geben.

Ueber den Einfluss der Länge auf die Erzeugung des Sättigungszustandes geben die bisher aufgeführten Untersuchungen selbstverständlich keinen Aufschluss, da ja die Kerne alle dieselbe Länge haben. Ich stellte daher zunächst mit derselben 12" langen Spirale Versuche an, bei denen ich 4" lange Eisenkerne in dieselbe einführte. Es ergaben sich die nachstehenden Reihen, bei denen zunächst zu bemerken ist, dass die verzeichneten Nadelablenkungen nicht den Magnetismus der Kerne für sich *allein* angeben, sondern dass auch ein Theil der Spiralenwirkung dabei von Einfluss ist. Da nämlich die kurzen und *dünnen* Kerne in der bisher beobachteten Entfernung von 30" von der Nadel zu geringe Nadelablenkung hervorriefen, so sah ich mich genöthigt, die Spirale der Nadel näher zu rücken. In dieser geringeren Entfernung reichten aber die Windungen der 22" weiten Compensationsspirale nicht hin den Einfluss der Magnetisirungsspirale zu compensiren. Da jedoch, wie bereits bemerkt, die Wirkung des Stromes für sich stets der Tangente der Nadelablenkung absolut proportional ist, so konnte dies nicht daran hindern das Eintreten des Sättigungszustandes bei derselben Stromstärke wahr zu nehmen, als es bei gehöriger Compensation der Spiralenwirkung der Fall gewesen wäre.

## 9.

Kern 4" lang, 1" dick. Entfernung von der Nadel: 18".

| $\alpha$       | $m$                         | $\frac{m}{\alpha}$ |
|----------------|-----------------------------|--------------------|
| tg 5° = 0,0875 | tg 8° = 0,1405              | 1607               |
| " 7 = 0,1228   | " 11 $\frac{1}{2}$ = 0,2004 | 1640               |
| " 9 = 0,1583   | " 14 $\frac{1}{2}$ = 0,2609 | 1618               |
| " 11 = 0,1944  | " 17 $\frac{1}{2}$ = 0,3212 | 1652               |
| " 13 = 0,2309  | " 20 $\frac{1}{2}$ = 0,3824 | 1665               |
| " 15 = 0,2679  | " 24 $\frac{1}{2}$ = 0,4505 | 1682               |
| " 17 = 0,3057  | " 27 $\frac{1}{2}$ = 0,5178 | 1693               |
| " 20 = 0,3640  | " 31 $\frac{1}{2}$ = 0,6168 | 1692               |
| " 23 = 0,4245  | " 35 $\frac{1}{2}$ = 0,7199 | 1695               |

## 10.

Kern 4" lang,  $\frac{3}{4}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 18".

| $s$                     | $m$                                  | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------|
| tg $7^{\circ} = 0,1228$ | tg $9\frac{13}{16}^{\circ} = 0,1730$ | 1409          |
| " 9 = 0,1583            | " $12\frac{9}{16}^{\circ} = 0,2229$  | 1407          |
| " 11 = 0,1944           | " $15\frac{1}{8}^{\circ} = 0,2703$   | 1388          |
| " 13 = 0,2309           | " $18\frac{1}{8}^{\circ} = 0,3281$   | 1421          |
| " 15 = 0,2679           | " $20\frac{5}{16}^{\circ} = 0,3826$  | 1427          |
| " 17 = 0,3057           | " $23\frac{1}{2}^{\circ} = 0,4348$   | 1422          |
| " 20 = 0,3640           | " $27\frac{1}{8}^{\circ} = 0,5169$   | 1420          |
| " 23 = 0,4245           | " $31\frac{5}{16}^{\circ} = 0,6082$  | 1432          |

## 11.

Kern 4" lang,  $\frac{3}{16}$ " dick. Entfernung von der Nadel: 18".

| $s$                     | $m$                                 | $\frac{m}{s}$ |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------|
| tg $3^{\circ} = 0,0524$ | tg $2\frac{1}{2}^{\circ} = 0,04366$ | 8332          |
| " 5 = 0,0875            | " $4\frac{1}{4}^{\circ} = 0,07431$  | 8492          |
| " 7 = 0,1228            | " $5\frac{7}{8}^{\circ} = 0,1029$   | 8379          |
| " 9 = 0,1583            | " $7\frac{11}{16}^{\circ} = 0,1351$ | 8525          |
| " 11 = 0,1944           | " $9\frac{3}{8}^{\circ} = 0,1696$   | 8724          |
| " 13 = 0,2309           | " $11\frac{1}{4}^{\circ} = 0,1989$  | 8610          |
| " 15 = 0,2679           | " $13\frac{9}{16}^{\circ} = 0,2343$ | 8742          |

Diese drei Reihen zeigen keine Sättigung. Ich hatte entschieden erwartet, daß wenigstens bei dem letzten Kerne der ungefähr gleiche Dimensionen mit dem von Hrn. Weber angewandten hat, Sättigung hervortreten würde. Da nun bei Hrn. Weber's Versuch mit einem Kerne von etwa derselben Länge und Dicke gleich von der schwächsten Stromstärke ab Sättigung vorhanden ist, so fürchtete ich, es möchte bei meinem Versuche irgend welches Versehen vorgekommen seyn, obgleich die Analogie mit den Reihen 9 und 10 dem widersprach. Alle drei wichen nur in sofern von den früheren ab, als bei ihnen die Spirale gleichzeitig, und zwar, wie wir sogleich sehen werden, in noch höherem Maasse als der Magnetismus selbst, auf die Nadel einwirkte, d. h. nicht compensirt war.

Ich versah daher nun die compensirende Spirale mit noch einer Anzahl von Windungen, so daß nun auch in diesem geringen Abstände von der Nadel der Einfluß der Spirale ganz compensirt war, und wiederholte nun die Versuchsreihe No. 11 bis zu höheren Stromstärken.

12.

Kern 4" lang,  $\frac{3}{16}$ " dick. Entfernung von der Nadel:  $19\frac{1}{4}$ ".

| $s$                             | $m$  | $\frac{m}{s}$ |
|---------------------------------|--|---------------|
| $\text{tg } 1^\circ = 0,017455$ | $\text{tg } \frac{9}{32}^\circ = 0,004945$ | 2879          |
| " 2 = 0,03492                   | " $\frac{9}{16}^\circ = 0,00989$           | 2832          |
| " 3 = 0,0524                    | " $\frac{15}{16}^\circ = 0,01415$          | 2700          |
| " 5 = 0,0875                    | " $1\frac{1}{2}^\circ = 0,02619$           | 2993          |
| " 7 = 0,1228                    | " $1\frac{15}{16}^\circ = 0,03376$         | 2749          |
| " 9 = 0,1583                    | " $2\frac{3}{4}^\circ = 0,04803$           | 3032          |
| " 11 = 0,1944                   | " $3\frac{9}{32}^\circ = 0,05737$          | 2951          |
| " 13 = 0,2309                   | " $4\frac{1}{16}^\circ = 0,07110$          | 3077          |
| " 15 = 0,2679                   | " $4\frac{9}{16}^\circ = 0,07988$          | 2980          |
| " 17 = 0,3057                   | " $5\frac{1}{4}^\circ = 0,09189$           | <b>3005</b>   |
| " 20 = 0,3640                   | " $6^\circ = 0,1051$                       | 2887          |
| " 23 = 0,4245                   | " $6\frac{3}{8}^\circ = 0,1117$            | 2631          |

Diese Reihe zeigt nun trotz der Compensation der Spiralenwirkung auf die Nadel, dasselbe Resultat, wie die vorige, und führt zu dem bereits früher von mir angedeuteten Satze <sup>1)</sup>, daß der Sättigungszustand bei kürzeren Stäben später eintritt, als bei längeren.

Man ersieht aus der Reihe, daß erst bei einer Stromstärke von  $20^\circ$  sich Sättigung bemerkbar macht, während der 12" lange,  $\frac{3}{16}$ " dicke Stab bereits bei  $7^\circ$  Sättigung zeigt.

Nach diesem Versuche muß in der von Hrn. Weber gegebenen Reihe die schwächste magnetisirende Kraft, während, wohl gemerkt, die Spirale den Kern eng umschloß, wenigstens so groß gewesen seyn, als die, welche ich erhielt, wenn meine aus vielen Windungen bestehende Spirale von einem Strome durchflossen wurde, welcher die Nadel der Tangentenbussole auf  $20^\circ$  ablenkte.

1) Diese Ann. Bd. 120, S. 577.

Um das Verhältniß des Auftretens der Sättigung zur Länge der Stäbe genauer zu bestimmen, untersuchte ich nun zunächst 9" lange Stäbe, die also auf jeder Seite noch um  $1\frac{1}{2}$ " von der Spirale überragt wurden.

Ich stelle der Kürze halber sogleich die Quotienten  $\frac{m}{s}$  aller drei untersuchten 9" langen Stäbe, deren Durchmesser  $\frac{5}{16}$ ",  $\frac{9}{16}$ " und  $\frac{3}{16}$ " waren, zusammen. Die Untersuchung wurde im übrigen ganz wie die früheren angestellt.

## 13.

Kerne von 9" Länge. Entfernung von der Nadel:  $19\frac{1}{2}$ ".

|    | Strom       | Durchmesser der Stäbe |                  |                  |
|----|-------------|-----------------------|------------------|------------------|
|    |             | $\frac{5}{16}$ "      | $\frac{9}{16}$ " | $\frac{3}{16}$ " |
| tg | 1° = 0,0175 |                       |                  | 1750             |
| »  | 2 = 0,0349  |                       |                  | 1809             |
| »  | 3 = 0,0524  |                       | 2089             | 1818             |
| »  | 5 = 0,0875  | 3440                  | 2093             | 1555             |
| »  | 7 = 0,1228  | 3470                  | 2000             | 1378             |
| »  | 9 = 0,1583  | 3481                  | 1781             | 1235             |
| »  | 11 = 0,1944 | 3437                  | 1573             |                  |
| »  | 13 = 0,2309 | 3253                  | 1417             |                  |
| »  | 15 = 0,2679 | 3021                  | 1284             |                  |
| »  | 17 = 0,3057 | 2806                  | 1182             |                  |

Die hervorgehobenen Werthe von  $\frac{m}{s}$  sind diejenigen, nach denen zuerst Sättigung bemerkbar wird, d. h. die Sättigungspunkte. Es zeigt sich, daß auch hier die Stromstärke der Sättigungspunkte in größerem Verhältniß wächst, als die Kerndurchmesser. Während diese im Verhältniß von 2:3:5 stehen, sind die entsprechenden Stromstärken 524:1229:1945. Vergleichen wir andererseits diese Resultate mit denen bei 12" langen Kernen, so finden wir, daß hier sich dasselbe Verhältniß zeigt, wie bei den früheren Versuchen. In der folgenden Tabelle sind die Quotienten der entsprechenden 12" langen Kerne mit denen in No. 13 zusammengestellt.



Quotienten der Kerne von 12" und 9" Länge und  $\frac{5}{16}$ ",  $\frac{3}{16}$ "  
und  $\frac{2}{16}$ " Durchmesser.

| Strom | Durchmesser der Kerne |      |                  |      |                  |      |
|-------|-----------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|       | $\frac{5}{16}$ "      |      | $\frac{3}{16}$ " |      | $\frac{2}{16}$ " |      |
|       | Länge                 |      | Länge            |      | Länge            |      |
|       | 12"                   | 9"   | 12"              | 9"   | 12"              | 9"   |
| 1°    |                       |      |                  |      | 827              | 1750 |
| 2     |                       |      |                  |      | 829              | 1809 |
| 3     | 1691                  |      | 850              | 2069 | 788              | 1818 |
| 5     | 1671                  | 3440 | 849              | 2093 | 649              | 1555 |
| 7     | 1693                  | 3477 | 809              | 2000 | 545              | 1378 |
| 9     | 1684                  | 3481 | 697              | 1781 | 496              | 1235 |
| 11    | 1437                  | 3437 | 625              | 1573 | 427              |      |
| 13    | 1292                  | 3253 | 543              | 1417 | 337              |      |
| 15    | 1176                  | 3021 | 482              | 1284 |                  |      |
| 17    | 1066                  | 2806 |                  | 1182 |                  |      |

Halten wir mit diesen Resultaten auch noch die aus No. 12 zusammen, aus welchen zu ersehen ist, daß bei dem 4" langen  $\frac{3}{16}$ " dicken Kerne erst bei der Stromstärke 17° der Sättigungspunkt auftritt, so sehen wir nicht allein, daß Kerne, welche ihrer ganzen Länge nach mit der Spirale bedeckt sind, um so später Sättigung zeigen, je kürzer sie sind, sondern es zeigt sich auch bei dem Verhältniß der Längen 12:9:4 als Verhältniß der entsprechenden Stromstärken 5:7:17.

Wir sehen also, daß die Stromstärken der Sättigungspunkte doch in größerem Verhältniß wachsen, als die Längen abnehmen.

Es war nun die Frage, welches Verhältniß Kerne zeigen würden, die über die Spirale hinausragen. Ich magnetisirte behufs dieser Untersuchung mit derselben Spirale von 12" Länge folgende drei Kerne:

24" lang,  $\frac{3}{4}$ " dick; 24" lang,  $\frac{1}{2}$ " dick; 18" lang  $\frac{5}{16}$ " dick. Es ergaben sich die nachstehenden Quotienten  $\frac{m}{s}$ .

## 15.

| Strom | Kerne                |                      |                      |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
|       | 24", $\frac{3}{4}$ " | 24", $\frac{1}{2}$ " | 18", $\frac{1}{3}$ " |
| 3°    |                      |                      | <b>3063</b>          |
| 5     | 2429                 | 1605                 | 2955                 |
| 7     | 2489                 | 1612                 | 2803                 |
| 9     | 2472                 | 1585                 | 2447                 |
| 11    | 2463                 | 1523                 | 2117                 |
| 13    | <b>2438</b>          | 1365                 |                      |
| 15    | 2377                 | 1253                 |                      |
| 17    | 2198                 | 1126                 |                      |

Bei diesen Versuchen war die Mitte der Kerne von der Nadel 4 Fufs entfernt. Während nun der 24" lange,  $\frac{3}{4}$ " dicke Kern mit der 12" langen Spirale bei 13° den Sättigungspunkt zeigt, beobachtet man bei dem 12" langen Kerne von demselben Durchmesser bei 23° noch keine Sättigung. Der 24" lange,  $\frac{1}{2}$ " dicke Kern hat seinen Sättigungspunkt bei 7°, während der 12" lange ihn bei 15° zeigt. Von den beiden  $\frac{1}{8}$ " starken, 9" und 18" langen Kernen verhalten sich die Stromstärken des Sättigungspunktes wie 3: 11. Wir sehen dafs in allen diesen Fällen die Stromstärken in gröfserem Verhältnifs abnehmen, als die Längen wachsen. Allein die Anwendung einer und derselben Spirale giebt kein einfaches Verhältnifs für den Einfluss der Länge der Kerne auf die Erzeugung der Sättigung, weil ja, wie bekannt, nur unter der Bedingung der ähnlichen Bewicklung sich einfache Verhältnisse herausstellen. Dessenungeachtet zeigt diese Zusammenstellung unzweifelhaft, dafs die Länge der Spirale im Ganzen von sehr geringem Einfluss auf das Eintreten des Sättigungszustandes ist, dafs vielmehr der Haupteinfluss in dieser Beziehung durch die Kernlänge geübt wird. Hiernach ist es naheliegend, dafs Buff und Zamminer auch dann noch keine Sättigung beobachtet haben würden, wenn sie bei derselben Länge ihrer Kerne dieselbe Windungszahl der Spirale über deren ganze Länge verbreitet hätten.

## IV.

Um das Urtheil über die Wirkung der Länge der Spirale auf die Erzeugung der Sättigung zu vervollständigen, war, wie das Vorangehende zeigt, die Anwendung einer Spirale von anderer Länge erforderlich. Allein andere bereits bekannte Sätze lassen im Voraus Schlüsse auf den Erfolg dieser Aenderung zu.

Wir wissen, daß jeder einzelne Querschnitt auf der ganzen Länge des Kernes eine von den nebenliegenden verschiedene magnetische Intensität hat, und daß bei gleichmäßiger Vertheilung der Spirale der mittlere Querschnitt das Maximum des Magnetismus besitzt. Diefs ist der Fall, mag die magnetisirende Kraft auf alle Theile des Kernes gleich stark wirken oder nicht. *Bei gesteigerter Magnetisirung muß also unter dieser Bedingung zuerst in dem mittleren Querschnitt Sättigung eintreten.* — Nun ist es aber absolut unmöglich, daß nicht der ganze Stab Sättigung zeigen soll, wenn in einem einzigen Querschnitte Sättigung vorhanden ist. Sollte dies nicht der Fall seyn, so müßten ja dann die übrigen Querschnitte in höherem Grade, als dem Strome proportional, magnetisirt werden!

Nach dieser Betrachtung kommt es nicht nur nicht darauf an, daß der ganze Kern mit der galvanischen Spirale bedeckt ist, sondern es muß sogar bei gleicher Windungszahl der Spirale um so eher, d. h. bei geringerem Strome Sättigung auftreten, je mehr die ganze Spirale über dem mittleren Querschnitt angehäuft wird.

Es ist für den vorliegenden Fall wohl zu beachten, daß es dabei durchaus nicht erforderlich ist, daß der *freie* Magnetismus eines und desselben Stabes derselbe zu seyn braucht, wenn Sättigung eintritt. Nach der obigen Darlegung muß vielmehr bei um so geringerem freien Magnetismus Sättigung eintreten, je mehr die Spiralwindungen in der Mitte des Kernes aufgehäuft werden.

Um die hier gemachten Schlüsse durch das Experiment zu prüfen, wandte ich die Hälfte der bisher in Gebrauch

befindlichen Spirale an, welche also nur die halbe Anzahl von Windungen hatte.

Wäre es nun richtig, daß eine kürzere Spirale später Sättigung erzeugt, so wäre bei dieser halben Spirale ein *mehr als doppelter* Strom erforderlich gewesen, um in denselben früher angewandten Stäben Sättigung zu erzeugen.

Von den früheren Stäben wurden nun folgende untersucht: 24" lang,  $\frac{1}{2}$ " dick; 12" lang,  $\frac{1}{4}$ " dick; 12" lang,  $\frac{3}{8}$ " dick. Sie ergaben folgende Resultate.

## 16.

| Strom          | 24", $\frac{1}{2}$ " | Stäbe<br>12", $\frac{1}{4}$ " | 12", $\frac{3}{8}$ " |
|----------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 5 <sup>o</sup> | 3765                 | 2012                          | 1145                 |
| 7              | 3776                 | 2016                          | 1153                 |
| 9              | 3757                 | 2014                          | 1156                 |
| 11             | 3718                 | 2021                          | 1153                 |
| 13             | 3634                 | 2019                          | 1143                 |
| 15             | 3511                 | 1956                          | 1114                 |
| 17             | 3271                 | 1833                          | 1077                 |
| 19             |                      | 1689                          | 1014                 |
| 21             |                      | 1499                          | 938                  |
| 23             |                      |                               | 868                  |

Halten wir diese Resultate mit denen derselben Stäbe bei 12" langer Spirale zusammen, so ergibt sich, daß in dem vorliegenden Falle das Product aus Stromstärke und Windungszahl, d. h. die magnetisirende Kraft beim Sättigungspunkte viel geringer ist, als wenn die Spirale doppelte Länge hat.

Hieraus ergibt sich zunächst die Bestätigung der vorn gemachten Schlüsse, daß nämlich bei um so geringerer magnetisirender Kraft, also auch bei um so geringerem freien Magnetismus Sättigung auftritt, je mehr die Spirale in der Mitte des Kernes aufgehäuft ist; und daraus folgt:

Das Maximum des Magnetismus ohne Sättigung wird erzeugt, wenn die Spirale den Kern seiner ganzen Länge nach bedeckt.

Aus diesen Resultaten folgt, daß, abgesehen von der erwähnten Anomalie bei schwachen Strömen, immer Sättigung sich zeigen muß, wenn nur in einem Querschnitt solche vorhanden ist, und da dieß bei gleichmäßiger Vertheilung der Spirale stets der mittlere Querschnitt seyn muß, so ist dieser für das Eintreten des Sättigungszustandes maassgebend.

Machen wir nun vorläufig die Annahme, *die magnetisirende Kraft, welche Sättigung erzeugt, ist der Anzahl der Theile des Querschnitts proportional*, so folgt daraus, daß die in cylindrischen Stäben Sättigung erzeugende magnetisirende Kraft den Quadraten der Durchmesser der Cylinder proportional wachsen muß. Da nun aber der wachsende Querschnitt den Magnetismus des ganzen Stabes im Verhältniß der Quadratwurzel seines Durchmessers verstärkt, so muß aus diesem Grunde die Sättigung im Verhältniß von  $\sqrt{d}$  früher eintreten, wenn  $d$  den Durchmesser des Stabes bedeutet. Die magnetisirenden Kräfte also, bei denen der Sättigungspunkt eintritt, müssen bei verschiedenen Stabdurchmessern im Verhältniß von

$$\frac{d^2}{\sqrt{d}} = d^{\frac{3}{2}}$$

stehen. Wir gelangen also durch diese Annahme zu demselben Satze wie Müller.

Bei Stäben von verschiedener Länge und demselben Durchmesser ändert sich die Menge der Theile des Querschnitts nicht. Es muß also bei solchen in dieser Beziehung die Sättigung bei derselben magnetisirenden Kraft auftreten. Da aber bekanntlich <sup>1)</sup> der Magnetismus den Quadratwurzeln der Längen proportional wächst, wenn die gleiche Windungszahl diesen Längen proportional über dieselben vertheilt ist, so muß in diesem Falle die magnetisirende Kraft, bei welcher Sättigung eintritt, mit der Quadratwurzel der Länge abnehmen, sie steht im umgekehrten Verhältniß von  $\sqrt{l}$ , wenn  $l$  die Länge bedeutet.

1) Diese Ann. Bd. 102, S. 209 u. f.

Nun steht andererseits fest, daß der Magnetismus der Spirale proportional wächst. Daher muß die Stromstärke, bei welcher Sättigung eintritt, im umgekehrten Verhältniß von  $\sqrt{L}$  stehen, wenn verschieden lange Kerne mit einer ihrer Länge proportionalen Windungszahl bedeckt werden. Diese Art der Bewicklung, bei welcher die Windungszahl der Länge proportional wächst, pflegt ähnlich genannt zu werden. Wir wollen daher dieselbe Benennung für diese Vertheilung der Windungen auf der Stablänge beibehalten.

Somit wäre also der Strom, bei welchem Sättigung eintritt, gerade proportional der  $\frac{3}{2}$ ten Potenz der Durchmesser und umgekehrt proportional der  $\frac{3}{2}$ ten Potenz der Längen, bei ähnlicher Bewicklung der Stäbe.

Um die Richtigkeit dieses Satzes zu prüfen, habe ich zunächst den Fall gewählt, welcher die einfachsten Resultate herbeiführt. Ist nämlich die Formel, wo  $X$  den magnetisirenden Strom bedeuten soll,

$$X = \frac{d\sqrt{L}}{\sqrt{L}}$$

richtig, so folgt daraus, daß ähnliche Kerne mit ähnlicher Bewicklung bei derselben Stromstärke ( $X$ ) den Sättigungspunkt zeigen müssen.

Zunächst wurden in die bereits erwähnte Hälfte der ursprünglichen Spirale, deren innere Lagen ebenfalls auf einen halben Zoll Weite verengert waren, folgende Kerne eingeführt:

|              |                 |                 |                 |                 |                  |                 |                  |                 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Länge:       | 24"             | 12"             | 12"             | 12"             | 6"               | 6"              | 6"               | 6"              |
| Durchmesser: | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{8}$ " | $\frac{1}{4}$ " | $\frac{5}{16}$ " | $\frac{1}{4}$ " | $\frac{3}{16}$ " | $\frac{1}{8}$ " |

Ich stelle der Kürze halber sogleich sämtliche Quotienten  $\frac{m}{\sqrt{L}}$  in eine Tabelle zusammen und bemerke dazu, daß diese Quotienten keine Vergleiche in der Art zulassen, daß man die absoluten Werthe der einen Colonne mit denen der anderen zusammenhält. Dies ist deshalb unmöglich, weil für die verschiedenen Längen andere Entfernungen von dem Meßapparate genommen wurden. Da nämlich die Ent-

fernung von der Bussole für das Auftreten des Sättigungszustandes gleichgültig ist, so wählte ich stets solche Entfernungen, daß die Nadelablenkungen möglichst nicht über  $30^\circ$  und nicht unter  $4^\circ$  wurden. Wie bereits früher besprochen ist, hat dies auf das Eintreten des Sättigungszustandes keinen Einfluß.

## 17.

Quotienten  $\frac{m}{d}$  der Kerne mit der 6" langen  $\frac{1}{2}$ " weiten Spirale.

| Länge | 24"             | 12"             | 12"             | 12"             | 6"               | 6"              | 6"               | 6"              |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Dicke | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{16}$ " | $\frac{1}{4}$ " | $\frac{1}{16}$ " | $\frac{1}{2}$ " |
| 5*    | 3656            | 2012            | 1145            | 3023            |                  |                 | 8243             | 7988            |
| 7     | <b>3776</b>     | 2016            | 1153            | <b>3015</b>     |                  |                 | 8289             | <b>7969</b>     |
| 9     | 3757            | 2014            | 1156            | 2893            |                  | 9159            | 8244             | 7334            |
| 11    | 3654            | 2021            | <b>1153</b>     | 2757            |                  | 9187            | <b>8261</b>      | 6888            |
| 13    | 3634            | <b>2019</b>     | 1145            | 2597            |                  | 9151            | 7735             | 6279            |
| 15    | 3511            | 1956            | 1114            |                 | 1053             | <b>9178</b>     | 7338             |                 |
| 17    | 3271            | 1833            | 1077            |                 | 1055             | 9071            | 7102             |                 |
| 19    |                 | 1689            | 1014            |                 | 1057             | 8606            |                  |                 |
| 20    |                 |                 |                 |                 | 1061             |                 |                  |                 |
| 21    |                 | 1499            | 938             |                 | <b>1065</b>      |                 |                  |                 |
| 23    |                 |                 | 868             |                 | 1042             |                 |                  |                 |
| 25    |                 |                 |                 |                 | 1034             |                 |                  |                 |

Behufs des Vergleichs der einzelnen Magnete mit den entsprechenden ähnlichen von doppelt so großen Dimensionen folgen hier dieselben paarweise zusammengestellt.

## Quotienten

ähnlicher Kerne mit symmetrischer Bewicklung.

| Länge | 48"         | 24"         | 24"             | 24"             | 12"             | 24"         | 12"             | 18"             | 9"              | 18"             | 9"              | 12"             | 6"              | 12"             | 6"               | 12"              | 6"               | 8"               | 4"               |
|-------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Dicke | 1"          | 1"          | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{3}$ " | $\frac{1}{4}$ " | 1"          | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{1}{3}$ " | $\frac{1}{4}$ " | $\frac{1}{5}$ " | $\frac{1}{6}$ " | $\frac{1}{7}$ " | $\frac{1}{8}$ " | $\frac{1}{9}$ " | $\frac{1}{10}$ " | $\frac{1}{11}$ " | $\frac{1}{12}$ " | $\frac{1}{13}$ " | $\frac{1}{14}$ " |
| 3°    | 3575        | 1837        |                 |                 |                 |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 2025            |                  | 1507             | 7968             | 1878             |                  |
| 5     | 3589        | 1822        | 2429            | 1145            | 1605            | 3023        |                 |                 |                 |                 |                 | 9214            |                 | 2041            | 8243             | 1502             | 7978             | 1889             | 4984             |
| 7     | <b>3579</b> | <b>1825</b> | 2479            | 1153            | <b>1612</b>     | <b>3015</b> |                 |                 |                 |                 |                 | 9297            |                 | 2080            | 8289             | <b>1510</b>      | <b>7969</b>      | 1892             | 5070             |
| 9     | 3440        | 1722        | 2472            | 1156            | 1585            | 2893        |                 |                 |                 |                 |                 | 9336            |                 | 2042            | 8244             | 1406             | 7834             | <b>1800</b>      | <b>5047</b>      |
| 11    | 3312        | 1651        | <b>2467</b>     | <b>1153</b>     | 1523            | 2757        |                 |                 |                 |                 |                 | 9393            | 9159            | <b>2039</b>     | <b>8261</b>      | 1245             | 6884             | 1770             | 4840             |
| 13    | 3200        | 1620        | 2438            | 1145            | 1365            | 2597        |                 |                 |                 |                 |                 | 9372            | 9187            | 1904            | 7735             | 1036             | 6279             | 1591             | 4742             |
| 15    |             |             | 2377            | 1114            | 1253            |             |                 |                 |                 |                 |                 | <b>9366</b>     | <b>9178</b>     | 1760            | 7338             | 920              |                  | 1450             | 4662             |
| 17    |             |             | 2256            | 1077            | 1126            |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 1513            | 7102             |                  |                  |                  | 4452             |
| 19    |             |             |                 | 1014            |                 |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 1355            |                  |                  |                  |                  |                  |
| 21    |             |             |                 |                 |                 |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |
| 23    |             |             |                 |                 |                 |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |
| 25    |             |             |                 |                 |                 |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |



Auch diese Zusammenstellung erlaubt keine Vergleiche der *verschiedenen Paare* unter einander, weder in Bezug auf die Kerndurchmesser, noch in Bezug auf die Längen, weil ja die Weite wie die Länge der Spirale in dieser Hinsicht nicht den Kerndimensionen proportional ist.

Diese Tabelle zeigt aber in jedem einzelnen Falle, daß der Sättigungspunkt stets bei derselben Stromstärke eintritt, wenn ähnliche Kerne von den verschiedensten Dimensionen ähnlich bewickelt sind, d. h. wenn bei einer, den Kerndurchmessern proportionalen Weite der Spiral-Windungen die Zahl derselben, und somit auch die Länge der Spirale den Längen der Kerne proportional wächst.

Diese Resultate lassen die Richtigkeit der vorn gemachten Schlüsse nicht bezweifeln. Zunächst erscheint die vorn gemachte Annahme, das Eintreten des Sättigungszustandes sey durch die in jedem Querschnitte eines Cylinders vorhandene Menge der Eisentheile bedingt, in der Natur der Sache begründet. Aus diesem Satze ergeben sich denn die übrigen mit Nothwendigkeit, da die zur Begründung derselben angeführten Sätze bereits bekannt und erwiesen sind.

Diese Versuche haben also gelehrt:

- 1) »Bei gleicher Länge und ähnlicher Bewicklung der Magnetkerne ist die Tangente der Stromstärke, bei welcher der Sättigungszustand auftritt, der  $\frac{2}{3}$ ten Potenz der Durchmesser proportional.«

Da es so häufig von den Physikern unbeachtet bleibt, muß ich hier nochmals hervorheben, daß der Satz nur gilt, wenn die Kerne ähnlich bewickelt sind. Das heißt in dem vorliegenden Falle, wenn die Weite der entsprechenden Spiralwindungen den Kerndurchmessern proportional ist.

- 2) »Bei gleichem Durchmesser und derselben auf der ganzen Länge der Kerne proportional verbreiteten Windungszahl der Spirale verhält sich die Tangente der Stromstärke, bei welcher Sättigung auftritt, umgekehrt wie die Quadratursehn der Stablängen.«

Hieraus folgt:

- 3) »Bei gleichem Durchmesser der Kerne und einer der Länge derselben proportionalen Windungszahl und Länge der Spirale (d. h. bei ähnlicher Bewicklung) ist die Tangente der Stromstärke, bei welcher Sättigung auftritt, der  $\frac{2}{3}$ ten Potenz der Längen umgekehrt proportional.«

Nennen wir  $T$  die Tangente der Nadelablenkung der Tagentenbusssole, welche den Strom misst,  $d$  den Durchmesser und  $l$  die Länge der Magnetkerne, so ergibt sich:

- 4) »Ist über beliebige Eisenkerne die gleiche Windungszahl der Spirale der Längen proportional verbreitet, während die Weite den Durchmessern proportional ist, so ist

$$T = \frac{d\sqrt{Vd}}{Vl}$$

- 5) Sind Eisencylinder ähnlich bewickelt, d. h. so bewickelt, daß die Windungszahl und die Länge der Spirale der Länge der Kerne proportional, und ebenso die Weite derselben den Kerndurchmessern proportional ist, so ist

$$T = \frac{d\sqrt{Vd}}{l\sqrt{Vl}}$$

Als specieller Fall dieser Formel ergibt sich der hier geprüfte:

»In ähnlichen und ähnlich bewickelten Kernen tritt der Sättigungszustand bei derselben Stromstärke ein.«

#### Anhang.

In der hier gegebenen, so wie in der Darlegung in diesen Annalen Bd. 120, S. 539, habe ich besonders die beiden Sätze:

- 1) »Der Magnetismus ist ceteris paribus den Quadraturwurzeln der Kerndurchmesser genau proportional, wenn die Kerne symmetrisch bewickelt sind,«  
 2) »Der Magnetismus ist ceteris paribus den Quadratwurzeln der Stablängen genau proportional, wenn dieselbe

*Windungszahl der Spirale proportional auf den verschiedenen Längen verbreitet ist*», zur Anwendung gebracht. Die mannigfachen Schlüsse aus denselben, welche wieder zu Resultaten führen, die sowohl mit den Beobachtungen, wie mit andern als richtig anerkannten Sätzen in vollkommenster Uebereinstimmung sind, dürfen nun wohl diese beiden Gesetze über allen Zweifel erheben! Da aber aus diesen mehrere andere von mir ausserdem experimentell nachgewiesene Sätze mit Nothwendigkeit folgen, so dürfte sich darnach auch das Urtheil des Hrn. Beetz modificiren. Dieser Herr sagt nämlich in den Berliner Berichten vom Jahre 1862 S. 471: »dafs Hr. Wiedemann mit seiner Ansicht über die beschränkte Bedeutung der von Hrn. Dub gefundenen Gesetze nicht allein steht, sondern die Meinung vieler Fachgenossen ausgesprochen hat, darf wohl um so mehr hinzugefügt werden, als er seinerseits die Akten über diese Angelegenheit für geschlossen erklärt«.

Vor allen mufs ich hervorheben, dafs ich nur diejenigen Physiker als Fachgenossen anerkennen kann, *welche in dem Fache experimentirt*, also einige Erfahrungen gemacht haben.

Diese Herren sind, so viel mir bekannt ist: Lenz und Jacobi, Müller, Hankel, v. Feilitzsch, v. Waltenhofen und Wiedemann. — Alle diese Herren haben nur über den Durchmesser der Magnetkerne Versuche angestellt. Ausser Hrn. Wiedemann hat auch Niemand dem Satze hinsichtlich der Quadratwurzel der *Stablängen* widersprochen, was auch wohl, nach den Auseinandersetzungen der vorliegenden Abhandlung, wie der im 120. Bande dieser Annalen, schwer fallen sollte.

Die Hrn. Müller und Hankel sind ursprünglich der Meinung gewesen, dafs der Magnetismus den Quadratwurzeln der Stabdurchmesser proportional ist. Warum die Hrn. Lenz und Jacobi, so wie Hr. Wiedemann den Satz nicht gefunden haben, ist von mir bereits vielfach in diesen Annalen besprochen worden.

Nun hat Hr. v. Waltenhofen am 16. Juni 1865 der Kai-

serl. Akademie in Wien eine Abhandlung vorgelegt: »*Untersuchungen mit bes. Rücksicht auf die Anwendbarkeit der Müller'schen Formel*«. In dieser Abhandlung sagt Hr. v. W. S. 22:

Die Müller'sche Gleichung schließt bekanntlich, wie Müller selbst bereits nachgewiesen hat, die Folgerung in sich, daß — so weit man den Stabmagnetismus der Stromstärke proportional setzen kann — die durch gleiche Ströme in verschiedenen Eisenstäben erregten Magnetismen den Quadratwurzeln der Stabdurchmesser proportional sind. — Dieses Gesetz hat in den Versuchen von Hankel und von Dub experimentelle Bestätigung gefunden, während Lenz und Jacobi, so wie auch v. Feilitzsch aus ihren Versuchen die Proportionalität mit den Durchmessern selbst gefolgert haben. Wiedemann hat die Gründe angedeutet, welche im Widerspruche mit der Annahme einer allgemeinen Gültigkeit des einen oder des anderen der vorgenannten Gesetze erwarten lassen.«

»Meine Versuche sind zwar ebenfalls weder mit dem einen noch mit dem anderen dieser Gesetze in genauer Uebereinstimmung, liegen aber ganz unverkennbar viel näher einer Proportionalität mit den Quadratwurzeln der Durchmesser, als mit den Durchmessern selbst, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist«:

| $d$    | $\frac{m}{\sqrt{d}}$ | $\frac{m}{d}$ |
|--------|----------------------|---------------|
| 1,108  | 0,695                | 0,660         |
| 2,071  | 0,763                | 0,530         |
| 3,150  | 0,936                | 0,638         |
| 3,015  | 0,790                | 0,455         |
| 4,006  | 0,910                | 0,455         |
| 5,978  | 0,928                | 0,380         |
| 11,823 | 0,951                | 0,277         |
| 14,258 | 1,012                | 0,268         |
| 19,824 | 1,106                | 0,248         |
| 28,292 | 1,213                | 0,228.        |

Ich habe zuerst darauf aufmerksam gemacht und schon

oftmals hervorgehoben, daß dieses Gesetz nur dann Geltung habe, wenn die Kerne *ähnlich* bewickelt sind, d. h. in dem vorliegenden Falle, wenn die Durchmesser der angewandten Spiralen den Durchmessern der zugehörigen Kerne proportional sind. Es ist daher bei den Versuchen des Hrn. v. Waltenhofen nicht zu verwundern, wenn er nicht genau das Verhältniß der Wurzeln der Durchmesser findet, da er alle von ihm angewandten Kerne von Durchmessern, die zwischen 1,108 und 28,292<sup>mm</sup> variiren, in ein und dieselbe, 30<sup>mm</sup> weite Spirale einführt.

Wenn nun Hr. v. Waltenhofen hervorhebt, Wiedemann habe die Gründe angedeutet, weshalb dieß Gesetz nicht erwartet werden könnte und hierfür die auf Seite 328 des Elektromagnetismus Wiedemann's gegebenen Gründe anführt; so kann ich dazu nur bemerken, daß ich bereits nachgewiesen habe, daß die an diesem Orte gemachten Andeutungen nicht stichhaltig sind <sup>1)</sup>. Hr. Wiedemann hat aber auch noch in diesen Annalen Bd. 117, S. 237 die Unbegründetheit dieses Gesetzes nachzuweisen versucht.

Er sagt an dieser Stelle, das fragliche Verhältniß der Quadratwurzeln der Durchmesser könne aus folgendem Grunde nicht allgemeine Geltung haben. Wenn man Eisenstäbe nach und nach mit sich steigenden Strömen magnetisirt, so steigen die Quotienten (welche wir vorn  $\frac{u}{i}$  genannt haben) bei schwachen Strömen an, und erst später werden diese Quotienten constant.

Die vorangehende Untersuchung zeigt dieselbe Erscheinung, und es ist nur die Frage, ob dieser Umstand ein Einwand gegen das Gesetz ist. In gleicher Weise könnte man deshalb das Gesetz für ungültig erklären, weil ja dasselbe nach eingetretener Sättigung ebenfalls nicht mehr zutrifft! Kann man ein Gesetz deshalb verwerfen, weil andere bekannte Gesetze es *unter gewissen Umständen* modificiren? Ist deshalb das Fallgesetz ungültig, weil ein aus dem Fenster geworfener, aufgespannter Regenschirm dasselbe nicht erkennen läßt?

1) Diese Ann. Bd. 118, S. 522 u. f.

Schließlich füge ich noch eine kurze auf die Sache bezügliche Abhandlung des Hrn. v. Feilitzsch bei, die er mir in Folge seiner bekannten Freundlichkeit und Liebe zur Wissenschaft zur geeigneten Publication übergeben hat. Dieselbe zeigt, dafs auch unter anderen Umständen die von mir früher bei den Versuchen von Lenz und Jacobi vorgenommene Correction <sup>1)</sup> hinsichtlich der Weite der Spirale sich als begründet erweist, und dafs andererseits auch die Versuche des Hrn. v. Feilitzsch das fragliche Wurzelverhältnifs unter den von mir angegebenen Bedingungen (nämlich der symmetrischen Bewicklung!) herausstellen.

Ich will noch gleich im Voraus darauf aufmerksam machen, dafs, wenn Hr. v. Feilitzsch etwas über 10 Proc. Zunahme durch eine enganschliessende Spirale beobachtet, dies ziemlich genau mit den Beobachtungen von Lenz und Jacobi, welche ich früher als Correction ihrer Versuche benutzte, übereinstimmt. Ich habe daselbst  $\frac{1}{11}$  des Magnetismus genommen. Dafs es hier  $\frac{1}{10}$  ist, dürfte wohl wenigstens zum Theil seinen Grund darin haben, dafs die mittlere Weite der Spirale von kleinem Durchmesser 10,94<sup>mm</sup> beträgt, während die von dem grofsen Durchmesser 22,5<sup>mm</sup> ist. Es hat also die weite Spirale etwas mehr als doppelten Durchmesser.

Meinem neulichen Versprechen gemäfs übersende ich Ihnen im Folgenden eine Notiz über einen Versuch betreffend das magnetische Moment in einem Eisenkern, erregt durch Spiralen von verschiedener Weite.

Der Eisenkern war 111<sup>mm</sup> lang und bis auf 7<sup>mm</sup> von jedem Ende mit plattgewalztem Silberdraht in 6 Lagen umwunden. Die Windungszahl der Lagen betrug

1., 79; 2., 81; 3., 84; 4., 80; 5., 89; 6., 88 Windungen, also in Summa 501 Windungen. Ueber den Eisenkern wurde nämlich eine einfache Schicht Seidenpapier mit Schellackfirnis geklebt, dieses mit Collodium überzogen und darauf der unüberspinnene Draht so gelegt, dafs die be-

1) Elektromagnetismus S. 210.

nachbarten Windungen sich nicht berührten. Dann folgte wieder gefirnissetes Seidenpapier und Collodium, hierauf die zweite Drahtlage u. s. f. Durch ein empfindliches Galvanometer wurde constatirt, daß kein Uebergang eines starken Stromes weder von einer Drahtlage zur andern noch von der letzten zum Eisenkern stattfand. Es betrug

der Halbmesser des Eisenkerns . . . . .  $r_1 = 10,5^{\text{mm}}$

der Halbmesser der äußersten Drahtlage . . .  $r_2 = 11,38^{\text{mm}}$

also der mittlere Halbmesser der Drahtschicht

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2} = 10,94^{\text{mm}}$$

sonach  $r^2 = 119,68^{\square\text{mm}}$ .

In ähnlicher Weise wurden 6 Lagen, jedoch übersponnenen Kupferdrathes, mit Beibehaltung der obigen Windungszahl für jede Lage, auf einen geschlitzten Messingcylinder gelegt. Es betrug

der Halbmesser des Messingcylinders . . .  $R_1 = 21^{\text{mm}}$

der Halbmesser der äußersten Drahtlage . .  $R_2 = 24^{\text{mm}}$

also der mittlere Halbmesser der Drahtschicht

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} = 22,5^{\text{mm}}$$

sonach  $R_2 = 506,25^{\square\text{mm}}$ .

Die so gewonnene Vorrichtung wurde seitlich von einem Magnetometer mit sehr kurzen Magneten aufgestellt, so daß die Axe des Eisenkernes in dessen Ostwestrichtung und seine Mitte östlich in einem Abstände  $= 500^{\text{mm}}$  von der Magnetaxe sich befand. Die Beobachtung geschah von der Südseite her in herkömmlicher Weise, und der Abstand der Scale von der Spiegelfläche betrug  $2611,5^{\text{mm}}$ , der Strom von zwei grove-poggendorffschen Elementen bewegte sich stets durch beide Drahtlagen nacheinander, jedoch unter drei verschiedenen Umständen.

1) Es befand sich die größere Spirale allein an der angegebenen Stelle, die kleine mit dem Eisenkern wurde dagegen so fern vom Magnetometer in die Leitung eingeschaltet, daß sie auf dasselbe nicht mehr merklich wirken konnte.

2) Es wurde die engere Spirale mit dem Eisenkern centrisch in die weitere gelegt und beide widersinnig miteinander verbunden, so daß sie mit der Differenz auf den Eisenkern und das Magnetometer wirkte.

3) Beide Spiralen wurden mit Beibehaltung der vorigen Lage gleichsinnig mit einander verbunden, so daß sie mit der Summe auf den Eisenkern und das Magnetometer wirkten.

Bei Beginn und zum Schluß des Versuchs wurde der Stand des Magnetometers beobachtet. Derselbe hatte sich nur unmerklich (von 532,40 bis 530,47 Theilstriche) während der 28 Minuten betragenden Dauer geändert. Jedesmal wurden 5 Ausschläge nach rechts und 5 Ausschläge nach links am Galvanometer beobachtet, dieselben notirt, und für alle drei Umstände solches für einen rechtläufigen wie für einen mit einem eingeschalteten Commutator umgekehrten Strom wiederholt. Das Mittel aus jeden 10 Beobachtungen wurde als Gleichgewichtslage des abgelenkten Magneten nach rechts oder nach links betrachtet, und die halbe Differenz zweier solcher Mittel gab die Größen der scheinbaren Ablenkungen für die Umstände 1. 2. 3. — Die scheinbare Ablenkung ist die Tangente des doppelten Winkels von der wahren Ablenkung und der Tangente der wahren Ablenkung proportional sind die Momente der ablenkenden Ursachen in 1. 2. 3. Es ergab sich

|                        |   |   |   |
|------------------------|---|---|---|
| für die Umstände . . . | 1 | 2 | 3 |
|------------------------|---|---|---|

eine scheinbare Ablenkung

in Theilstrichen der

|                               |       |      |        |
|-------------------------------|-------|------|--------|
| Scala <sup>1)</sup> . . . . . | 30,37 | 9,51 | 319,29 |
|-------------------------------|-------|------|--------|

sonach eine Tangente der

|                    |          |          |          |
|--------------------|----------|----------|----------|
| wahren Ablenkung . | 0,005813 | 0,001820 | 0,060905 |
|--------------------|----------|----------|----------|

1) Aus 1. erfahren wir das Moment der weiteren Spirale  $J = 0,005813$ . Das der engeren Spirale läßt sich, weil mit dem Eisenkern in fester Verbindung, nicht gesondert beobachten, es findet sich aber  $i = I \frac{r^2}{R^2} = 0,001374$  (der Fehler kann höchstens 0,0015 dieses Werthes betragen). Sonach ist  $J + i = 0,007187$  und  $J - i = 0,004439$ .

1) 1. e. Millimeter.



2) Aus 2. ergeben sich die Differenzen der Momente der engern und der weitem Spirale, sowie des Eisenkernes, in sofern er von der weiten Spirale erregt wird  $M_1$ , und in sofern er von der engen Spirale erregt wird  $M_2$ . Es ist

$$J - i + M_1 - M_2 = 0,001820$$

$$0,004439 - 0,001820 = M_2 - M_1 = 0,002619 \quad (\alpha)$$

3) Aus 3. ergeben sich die Summen aller unter 2 genannten Momente; es ist also

$$J + i + M_1 + M_2 = 0,060905$$

$$M_1 + M_2 = 0,060905 - 0,007187 = 0,053718 \quad (\beta)$$

Endlich ergibt sich durch Summirung von  $\alpha$  und  $\beta$

$$2 M_2 = 0,056337; M_2 = 0,028168$$

und durch Subtrahiren von  $\alpha$  und  $\beta$

$$2 M_1 = 0,051099; M_1 = 0,025549,$$

und hiernach ist endlich

$$\frac{M_2}{M_1} = 1,1015.$$

Es ist also das magnetische Moment eines Eisenkerns um etwa 10 Proc, gröfser bei sehr eng anliegender Spirale, als wenn die erregende Spirale bei gleichem galvanometrischen Effect den doppelten Durchmesser des Eisenkernes besitzt. —

Nachdem so auch von einem *Fachgenossen* die von mir angewandte und von Hrn. Wiedemann angegriffene Correction der Versuche der HH. Lenz und Jacobi durch anderweitigen experimentellen Nachweis als begründet erwiesen ist, bin ich wohl berechtigt die Versuche jener Physiker, wie die v. Feilitzsch's selbst als Beweis für das von mir vertheidigte Gesetz anzusehen. Da hiernach Hr. Wiedemann mit seiner Meinung von der Complicirtheit des Gesetzes unter allen Fachgenossen allein stehen bleibt, so dürfte sich denn doch die Notiz des Hrn. Beetz zunächst hinsichtlich der beiden hier erwähnten Gesetze als irrthümlich erweisen.

Hoffentlich werde ich bald Gelegenheit haben, wie bereits früher den Thomson'schen Satz, einige andere von

mir aufgestellten Sätze als nothwendige Folge der in Rede stehenden beiden Gesetze nachzuweisen, so daß auch diese von nicht beschränkterer Bedeutung sich ergeben werden, als sie wegen der Gleichzeitigkeit anderer Gesetze überhaupt seyn können.

Berlin, den 14. Januar 1868.

#### IV. *Ueber Darstellung künstlicher Leuchtsteine; von Dr. A. Forster.*

(Vorgetragen in der berner naturf. Gesellschaft den 26. Januar 1867 und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Die in den verschiedenen Lehrbüchern und Zeitschriften für Chemie und Physik angeführten Darstellungsmethoden sind einerseits so umständlich, und andererseits so allgemein gehalten, daß es Jemandem, der sich nicht speciell mit der Darstellung dieser interessanten Körper beschäftigt hat, kaum gelingen wird, einen guten Leuchtstein herzustellen, ehe er sich durch viele mißglückte Versuche die nöthige Uebung und das Beobachten gewisser, anscheinend unwesentlicher, Bedingungen, deren genaue Angabe in fast allen Vorschriften vermißt wird, angeeignet hat. Genau so erging es auch mir, als ich, angeregt durch die schönen Phosphore Geissler's in Bonn, die Darstellung derselben versuchte. Alle meine ersten Versuche ergaben nicht leuchtende, oder nur sehr schwach leuchtende Präparate, so daß nur das lebhafteste Interesse für die in ihrem Wesen so räthselhafte Erscheinung der Phosphoreszenz mir den Muth zu weiteren Versuchen erhielt, welche endlich vom besten Erfolge gekrönt wurden. Im Nachfolgenden gebe ich die Resultate von nahezu 500 Versuchen, welche ich zur Ermittlung der günstigsten Verhältnisse angestellt habe, mit derjenigen Kürze, welche die Natur der Sache verträgt. Sollte ich zuweilen weilläufig erscheinen, so bitte ich dieß mit dem Bestreben,

Vorschriften zu gehen, bei deren Befolgung auch der Ungeübtere vor Misserfolgen möglichst geschützt ist, entschuldigen zu wollen.

Die von mir im Verlaufe beschriebenen Methoden machen keinen Anspruch auf Neuheit im *Princip*, da ich von denselben Materialien ausgehe, wie alle früheren Darsteller; doch hat sich bei den angestellten Versuchen manches Neue gefunden, dessen Veröffentlichung für den Physiker und Chemiker nicht ohne Interesse seyn dürfte.

Wie alle früheren Darsteller, gehe ich von den Verbindungen der Erdalkalimetalle Calcium, Baryum und Strontium aus. Die schönsten Leuchtsteine erhielt ich stets aus Strontian- und Barytpräparaten, während mir Kalkpräparate, welche bisher mit besonderer Vorliebe verwendet wurden, meist ungenügende Resultate gaben.

Nach den bisherigen Vorschriften werden die künstlichen Leuchtsteine alle mit Anwendung eines Ofenfeuers in Thon- oder Porcellantiegeln dargestellt. Schon die Anwendung eines Ofenfeuers hat große Unbequemlichkeiten und Unsicherheit, und es war daher mein erstes Bestreben, dasselbe aus den Darstellungsmethoden zu eliminiren. Durch Einführen gewöhnlicher Platintiegel, welche über einer guten Bunsen'schen Gaslampe mit aufgesetztem Schornstein, zuletzt über einem einfachen Bunsen'schen Gasgebläse, wie solches wohl in allen Laboratorien vorhanden seyn dürfte, in einem beliebigen Grade des Glühens erhalten werden können, glaube ich eine wichtige Vereinfachung der dermaligen Darstellungsmethoden erreicht zu haben.

Durch das leichte Reguliren der Flamme hat man ein sehr einfaches und sicheres Mittel in der Hand, die Temperatur der glühenden Substanzen zu steigern oder zu erniedrigen. Dieser Umstand ist von großer Wichtigkeit, denn ebenso wie man bei Anwendung einer zu niedrigen Temperatur keine schön leuchtende Präparate erhält, zerstört ein zu andauernder und zu intensiver Hitzgrad das Leuchtvermögen der darzustellenden Phosphore. Alle Schriftsteller, welche sich mit der Darstellung künstlicher Leuchtsteine be-

schäftigt haben, erwähnen dieses Umstandes, besonders E. Becquerel in seinen schönen Arbeiten über Phosphorescenz. Aus der Nothwendigkeit, dieser Eigenthümlichkeit Rechnung zu tragen, entsprangen dann die complicirten Methoden, wie z. B. Becquerel <sup>1)</sup> eine für die Darstellung eines Leuchtsteines aus Marienglas angiebt. Es begreift sich nun leicht, daß man bei Anwendung eines Platintiegels und einer Glasflamme die Temperatur weit sicherer auf dem eben erforderlichen Intensitätsgrade erhalten kann, als bei Anwendung eines Kohlenfeuers und dickwandigen Porcellan- oder Thontiegels.

Es könnte leicht ein gewisses Bangen um dem Platintiegel sich geltend machen, wenn ich vorschlage, kohlen sauren Strontian und Schwefel in demselben der höchsten Hitze eines Bläsetisches auszusetzen; ich brauche jedoch kaum daran zu erinnern, daß es ja eine Eigenthümlichkeit der sogenannten edlen Metalle ist, daß ihre Sauerstoff- und Schwefelverbindungen in erhöhter Temperatur nicht bestehen können, um diese Besorgnis zu heben. Sollte sich in der That Schwefelplatin bilden, so zerfällt dieß bei erhöhter Temperatur sofort in Schwefeldampf, welcher, mit Luft in Berührung kommend, zu schwefliger Säure verbrennt, und Platin, welches äußerlich nicht verändert erscheint. Wenn ich auch nicht gerade behaupten will, daß die Darstellung künstlicher Leuchtsteine nach dieser Methode dem betreffenden Tiegel von Vortheil sey, so kann ich doch auf der andern Seite versichern, *sehr viele* Phosphore in demselben Tiegel dargestellt zu haben, ohne daß diese Operationen demselben mehr geschadet hätten als die eben so oft wiederholte Einwirkung einer sehr hohen Temperatur allein gethan haben würde. In jedem Laboratorium finden sich indessen ältere Platintiegel, welche etwa der Risse oder kleinen Löcher im Boden wegen, zu vielen Zwecken nicht mehr brauchbar sind. Solche Tiegel eignen sich immer noch zu unserm Zwecke,

1) Vergl. Becquerel: *Note sur la phosphorescence produite par insulation.*

*Ann. de Chim. et de Phys.* 1847, T. XXII, p. 244.

ohne den Besitzer derselben in Besorgniß um ihre Existenz zu versetzen. Ich habe aber auch in ganz neuen Tiegeln häufig Phosphore dargestellt, ohne dieselben irgend einen Schaden leiden zu sehen und kann daher aus eigener Erfahrung diese Operation als für den Platintiegel unschädlich bezeichnen. Da es aber vorkommen kann, daß Leuchtsteine bei etwas zu hoch gestiegener Temperatur vollkommen fest an die Tiegelwand anschmelzen, so muß man mit dem Ablösen etwas vorsichtig seyn, um den Tiegel nicht zu verbiegen.

Gewisse Leuchtsteine, welche keine sehr hohe Temperatur bedürfen, lassen sich auf dieselbe Weise auch in kleinen Porcellantiegeln herstellen. Was die Aufbewahrung der fertigen Leuchtsteine betrifft, so kommt es darauf an, sie sorgsam vor der Einwirkung feuchter Luft zu schützen und halte ich zu diesem Zwecke das folgende Verfahren stets ein. Ich verfertige mir im Vorrath eine Anzahl an einem Ende zugeschmolzener Glasröhren von möglichst weißem Glase, welche einen innern Durchmesser von etwa 10 Mm. und eine ungefähre Länge von 15 Cm. haben. Während der glühende Tiegel mit dem vollendeten Präparate sich an der Luft abkühlt, erhitze ich nun eine solche Röhre vom zugeschmolzenen Ende beginnend und allmählig nach dem offenen Ende fortschreitend in einer Gasflamme, und sauge mit einem dünnen Röhrchen fortwährend die erhitzte, immer mit Spuren von Wasserdampf beladene Luft aus der Röhre aus. Es gelingt in dieser Art rasch die Röhre vollkommen auszutrocknen. Ist inzwischen der Tiegel so weit abgekühlt, daß man denselben, ohne sich zu verbrennen, mit den Fingern anfassen kann, so fülle ich seinen Inhalt unmittelbar in die noch warme Röhre und schmelze sofort auch das andere Ende derselben zu. Ist jedoch der Tiegel noch zu heiß, so lasse ich die ausgetrocknete Röhre, bis derselbe sich hinlänglich abgekühlt hat, in einem Exsiccator über concentrirter Schwefelsäure liegen. Die ganze Operation des Austrocknens würde illusorisch werden, wenn man diese Vorsicht versäumte, da sich beim Erkalten immer ein Hauch

von Feuchtigkeit in der Röhre verdichtet. Die Röhre selbst wähle ich von einer mittleren Wanddicke, indem zu dünnes Glas beim Zerschmelzen sehr leicht zusammenfällt, und andererseits in einer bedeutenden Wandstärke zu viele ultraviolette, Phosphoreszenz erregende Strahlen absorbiert werden.

Osann's Behauptung, wonach die Feuchtigkeit der Leuchtkraft künstlicher Phosphore keinen Eintrag thun soll, habe ich bei meinen Versuchen nicht bestätigt gefunden, wie aus dem Folgenden hervorgeht.

Durch Glühen von kohlensaurem Strontian mit Schwefel wurde ein sehr schön grün leuchtendes Schwefelstrontium (siehe später) dargestellt und dasselbe in zwei Röhren gleichmäßig vertheilt. Auf ihr Leuchtvermögen geprüft, zeigten sich beide Hälften vollkommen gleich. Nun wurde die eine Röhre zugeschmolzen, die andere mit destillirtem Wasser gefüllt und ebenfalls zugeschmolzen. Eine sofort angestellte Vergleichung des Leuchtvermögens ergab keinen merklichen Unterschied; aber schon nach einer halben Stunde war das Leuchtvermögen des unter Wasser eingeschmolzenen Schwefelstrontiums bedeutend geschwächt; nach 24 Stunden war die Schwächung noch bedeutender und nach 48 Stunden zeigten nur noch einige zerstreute Punkte ein schwach hellgrünes Licht.

2. Ein schön gelb leuchtendes Schwefelbarium, erhalten durch Reduction von schwefelsaurem Baryt durch Wasserstoffgas (siehe später) wurde in gleicher Weise in zwei Röhren vertheilt, von denen die eine (nachdem ich mich von dem gleich starken Leuchtvermögen beider Hälften überzeugt hatte) zugeschmolzen, die andere mit destillirtem Wasser gefüllt und dann ebenfalls zugeschmolzen. Gleich nach der Berührung mit Wasser änderte das anfangs gelblich-weiße Schwefelbarium seine Farbe, indem es grau-röthlich wurde; dabei erwies es sich als nur noch sehr schwach leuchtend. Nach 24 Stunden war das Leuchtvermögen, bis auf einige schwachgelbe Punkte, verschwunden; nach 48 Stunden wurden nur noch 2 bis 3 Punkte durch kräftige Insolation mit Sonnen- oder Magnesiumlicht sehr schwach gelbleuchtend.

Mit diesen Versuchen steht die Angabe Osann's (Gmelin, Handbuch der anorg. Chemie 5. Aufl. Bd. I, S. 183), wonach die von ihm dargestellten Realgar- und Antimonleuchtsteine nach langem Aufbewahren unter Wasser ihre Leuchtkraft nicht verloren, in directem Widerspruch.

Der folgende Versuch zeigt, daß nicht nur das flüssige Wasser, sondern auch der in der Luft suspendirte Wasserdampf auf das Leuchtvermögen gewisser Leuchtsteine in hohem Grade schädlich einwirkt und daß demnach sofortiges Einschmelzen der fertigen Leuchtsteine keine überflüssige Vorsicht ist.

Die Einwirkung von Schwefel auf kohlensauen Strontian hatte einen schön grün leuchtenden Stein geliefert. Derselbe wurde in drei Röhren eingeschmolzen. Der Inhalt einer dieser Röhren wurde nun auf einen Porcellanteller entleert und mit demselben in den Keller gestellt. Nach 24 Stunden hatte sich das Aeußere des Schwefelstrontiums schon sehr verändert. Das in den Röhren hell-schwefelgelbe Präparat hatte eine grünlichgraue Färbung angenommen und war im Leuchtvermögen bereits etwas geschwächt. Nun wurde der Teller in ein unbewohntes Zimmer gestellt und etwa 14 Tage stehen gelassen. Nach dieser Zeit wurde der Inhalt der zweiten Röhre neben den eben besprochenen auf den Teller geschüttet und ihr Leuchtvermögen unmittelbar verglichen. Es ergab sich hierbei ein außerordentlich starker Unterschied, indem das Schwefelstrontium, welches an der Luft gestanden hatte, kaum noch halb so stark leuchtete als dasjenige, welches in der zugeschmolzenen Röhre aufbewahrt worden war. Bemerken will ich noch, daß der zersetzte Leuchtstein stark nach Schwefelwasserstoff roch.

Es scheint hieraus hervorzugehen, daß nicht alle Leuchtsteine gleich empfindlich gegen die Einwirkung des Wassers, sey es als Flüssigkeit, sey es als Dampf, sind; indessen wird man jedenfalls gut thun, Leuchtsteine, welche man aufzubewahren wünscht, in der oben angegebenen Weise sofort nach ihrer Bereitung in erwärmte Glasröhren einzuschmel-



zen. So eingeschmolzen halten sie sich jahrelang, ohne von ihrem Leuchtvermögen das Mindeste einzubüßen.

In Bezug auf das Aufbewahren muß ich noch vor dem Schütteln der mit künstlichen Leuchtsteinen gefüllten Röhren warnen. Die meisten Leuchtsteine erscheinen in Form größerer oder kleinerer zusammengebackener Stückchen, und leuchten als solche viel glänzender als wenn dieselben durch starkes Schütteln der Röhren in Pulver verwandelt werden. Die fertigen zugeschmolzenen Röhren bewahrt man am sichersten in einem geschlossenen Kästchen von der Länge der Röhren, in welchem man dieselben neben einander durch Einklemmen in Korkstückchen unverrückbar befestigt.

Auch mir wollte es, gleich wie einem früheren Beobachter, scheinen, daß künstliche Leuchtsteine, welche längere Zeit im Dunkeln verweilt haben, nach der Insolation ein glänzenderes Licht ausstrahlen als solche, welche längere Zeit dem Lichte ausgesetzt blieben. Es scheint mir daher zweckmäßig, solche Körper in geschlossenen Kästchen aufzubewahren, damit sie nicht immer der erregenden Wirkung der Lichtstrahlen ausgesetzt sind.

Zum Beleuchten der Phosphore hat, meines Wissens, zuerst Schrötter (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien, 1865, No. XII, S. 77) das Magnesiumlicht empfohlen. In der That hat sich auch mir dasselbe als höchst einfach und zweckmäßig erwiesen. Wenn auch die zu beschreibenden Leuchtsteine kein unmittelbares Sonnenlicht bedürfen, so ist man doch an ein leicht zu verdunkelndes Zimmer gebunden, was nicht immer zur Verfügung steht. Durch die Anwendung von Magnesiumlicht wird aber die ganze Sache sehr vereinfacht, indem man Abends in einem nicht erleuchteten Zimmer experimentirt. Guten Magnesiumdraht kann man an jedem Zündhölzchen entzünden und ist so in die angenehme Lage versetzt, auch bei abendlichen Vorträgen die betreffenden Versuche zeigen zu können. Ich will nicht unterlassen, auf eine kleine Vorsichtsmaafregel hier aufmerksam zu machen. Der blendende Glanz, mit welchem das Magnesium verbrennt, ermüdet die Augen so sehr, daß sie



für die sanftern Farben der leuchtenden Phosphore nicht mehr gehörig empfänglich sind, und es ist daher, um die ganze Schönheit des eigenthümlichen Phosphorescenzlichtes zu empfinden, nöthig, während der Dauer des Beleuchtens die Augen fest zu schliessen und das Gesicht gleichzeitig nach einer entgegengesetzten Richtung zu wenden. Erst auf die Aufforderung des Experimentirenden hin, wenn der brennende Draht erloschen ist, öffne man die Augen, worauf man dann mit Bewunderung die prächtige Farben der leuchtenden Phosphore bemerken wird.

In Bezug auf die Dauer der Beleuchtung empfehle ich, guten Draht vorausgesetzt, ein Stück desselben anzuwenden, welches in etwa 8 bis 10 Secunden verbrennt. Längere Dauer hat keinen verbessernden Einfluss auf das Leuchten. Wenn Schrötter sagt (a. a. O.): »Körper, welche durch Bestrahlung für einige Zeit selbstleuchtend werden, und hiezu einer Einwirkung des Sonnenlichtes (Insolation) von 5 bis 10 Minuten bedürfen, erhalten, vom Magnesiumlichte bestrahlt, das Maximum ihrer Leuchtkraft in wenigen Secunden«, so glaube ich hieraus schliessen zu müssen, dass Schrötter dem Magnesiumlichte stärkere Phosphorescenz erregende Eigenschaft zuschreibt, als dem Sonnenlichte. Habe ich Schrötter recht verstanden, so muss ich, in Bezug auf die später zu beschreibenden künstlichen Leuchsteine, diesem Ausspruche widersprechen. Ich kann das Magnesiumlicht nur als ein *recht gutes Ersatzmittel für fehlendes Sonnenlicht* betrachten, ohne es dagegen dem Sonnenlicht auch nur für äquivalent, geschweige denn für überlegen zu halten. Sofern mir Beides zur Verfügung steht, werde ich unbedenklich Sonnenlicht vorziehen. Einer Bestrahlung von 5 bis 10 Minuten habe ich niemals bedurft um das Maximum der Leuchtungsfähigkeit zu erreichen, im Gegentheil halte ich ein länger als 8 bis 10 Secunden dauerndes Aussetzen an das unmittelbare Sonnenlicht eher für schädlich denn für nothwendig oder nützlich. Gewisse, weniger brechbare Farben scheinen mir durch Sonnenlicht

schöner und glänzender erregt zu werden, wie z. B. das Gelb und Roth.

Gut Phosphorescenz erregend wird ferner, wie leicht vorauszusehen, das elektrische Kohlenlicht, während mir Drummond'sches Kalklicht nur geringe Wirkung gab. Das Letztere war ebenfalls zu erwarten, da es bekannt ist, daß dieses Licht sich auch zum Photographiren wenig eignet, und Becquerel's schöne Arbeiten es als bewiesen erscheinen lassen, daß dieselben Strahlen vorzüglich eine Phosphorescenz erregende und chemische Wirksamkeit besitzen.

Böttger (polytechn. Notizblatt) hat im vorigen Jahre gezeigt, daß auch das sehr weiße Licht, mit welchem ein Gemenge von Schwefelkohlenstoffdampf und Stickstoffoxydgas verbrennt, künstliche Leuchtsteine zum kräftigen Phosphoresciren erregt. Dieses Verhalten durfte man ebenfalls der chemischen Wirksamkeit des genannten Lichtes nach erwarten. Befestigt man eine der bekannten Geißler'schen Röhren, welche eine Spur Stickstoff enthält, über einem Kästchen mit phosphorescirenden Substanzen, so genügt das verhältnißmäßig immerhin wenig intensive Licht, welches der hindurchgehende Funkenstrom eines Inductionsapparates erzeugt, um die Leuchtsteine zum Phosphoresciren zu bringen. Eben wegen der geringen Intensität des erregenden Lichtes kann man hierbei leicht erkennen, daß das Phosphoresciren schon während der erregenden Beleuchtung stattfindet, was man bei der Beleuchtung durch Sonnen- oder Magnesiumlicht nicht direct beobachten kann.

Im Allgemeinen wird man erwarten dürfen, daß jede Lichtquelle, welche kräftige chemische Wirkungen ausübt, auch gut Phosphorescenz erregend wirkt. Nun ist aber kein derartiges künstliches Licht so äußerst leicht herzustellen als Magnesiumlicht, welches sich daher als bestes Ersatzmittel für Sonnenlicht empfiehlt.

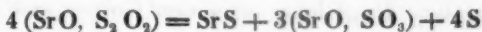
Ich wende mich nun nach diesen allgemeinen Bemerkungen zur speciellen Beschreibung der Darstellungsmethoden. Zuerst beschreibe ich die Darstellung künstlicher Leuchtsteine aus Strontianpräparaten, dann die aus Barytpräpara-

ten. Zuletzt folgen die Versuche zur Herstellung solcher aus Kalkpräparaten.

### I. Strontian-Leuchtsteine.

#### 1. Ausgehend von unterschwefligsaurem Strontian.

*Darstellung.* Man löse einerseits 49,6 Grm. krystallisirtes unterschwefligsaures Natron, andererseits 31,7 Grm. Chlorstrontium in möglichst wenig Wasser, vermische die Lösungen und setze etwa das doppelte Volum der vereinigten Lösungen starken Alkohol hinzu. Der unterschwefligsaure Strontian scheidet sich dann in seidenglänzenden Kryställchen aus, welche sich nach etwa 12stündigem Stehen als eine ziemlich dicke Schicht am Boden abgesetzt haben. Man filtrire ab und trockne in gelinder Wärme auf dem Filter. Auswaschen ist, wie später gezeigt werden soll, nicht nothwendig. Analog der Zersetzungsgleichung für das entsprechende Barytsalz darf man wohl annehmen, daß sich der unterschwefligsaure Strontian beim Glühen nach der Formel:



zersetze.

Aus einer Reihe von etwa 25 Versuchen, welche alle gleiches Resultat ergaben, führe ich nur einige Belegversuche an.

*Versuch 1.* In einem kleinen Platintiegel wurden etwa 3 Grm. des so erhaltenen Salzes  $\frac{1}{2}$  Stunde lang über einer guten Bunsen'schen Lampe, dann 7 Minuten lang über dem Gasgebläse geglüht. Nach dem Erkalten zeigte sich die Masse weiß, vollkommen geschmolzen und leuchtete schön gelb-grün.

*Versuch 2.* Da die Masse bei dem vorigen Versuch sehr fest an die Tiegelwände anschmolz und nur mit großer Vorsicht davon abgelöst werden konnte, ohne dem Tiegel zu schaden, so versuchte ich das Glühen in einem kleinen dünnwandigen Porcellantiegel. Die Masse erschien aber nach entsprechendem Glühen vollkommen ungeschmolzen, hell schwefelgelb und leuchtete schwach gelb-grün. Aus dem

Umstände, daß die der Tiegelwand zunächst liegenden Stückchen viel stärker leuchteten als die entferntern, geht hervor, daß die Temperatur in dem Tiegel nicht hoch genug war, um dem Leuchtstein sein höchstes Leuchtvermögen zu ertheilen. Zur Darstellung künstlicher Leuchtsteine aus unterschwefligsaurem Strontian ist demnach für Gasflammen die Anwendung von Porcellantiegeln unzulässig.

**Versuch 3.** Unterschweifligsaurer Strontian in einem Platintiegel geglüht, und zwar

15 Minuten über einer guten Lampe,

4 „ „ über dem Gebläse,

lieferte eine weiße, geschmolzene, schön gelb-grün leuchtende Masse.

Versuch 1 und 3 beweisen, daß die Dauer des Glühens nicht sehr ängstlich gezählt zu werden braucht, da eine Verlängerung des Glühens von etwa 18 Minuten ohne merklichen schädlichen Einfluß blieb. Im Allgemeinen empfiehlt sich nach meinen Versuchen ein Glühen von 15 Minuten über einer guten Lampe und dann 5 Minuten über dem Gebläse. Das Glühen über dem Gebläse muß unmittelbar nach dem Glühen über der Lampe erfolgen, so daß nicht zwischen beiden der Tiegel aus dem sichtbaren Glühen kommt. Diese Regel gilt auch für die Darstellung sämtlicher übriger Leuchtsteine.

Ein eigenthümlich verschiedenes Verhalten beim Glühen zeigt der auf verschiedene Weise dargestellte unterschweifligsaure Strontian.

Fügt man zu einer wässerigen Lösung von 42,3 Grm. salpetersaurem Strontian eine Lösung von 49,6 Grm. unterschweifligsaurem Natron, dann das doppelte Volum Alkohol, so erhält man, bei gleicher weiterer Behandlung wie oben, ein Präparat, welches unter den Bedingungen, wie sie für Versuch 1 und 3 (selbstverständlich auch 2) angeführt worden sind, unschmelzbar ist. Bei Anwendung von salpetersaurem Strontian muß man mehrmals durch Decantation mit Alkohol auswaschen, um alle Salpetersäure zu entfernen, welche sehr nachtheilig wirkt.

**Versuch 4.** Unterschweifligsaurer Strontian, nach der soeben angeführten Methode aus salpetersaurem Strontian dargestellt, wurde in demselben Platintiegel wie 1 und 3 eine halbe Stunde über einer guten Lampe, dann 7 Minuten über dem Gebläse geglüht. Die resultirende Masse war weiß, ungeschmolzen, an den Rändern kaum gesintert und leuchtete *schön gelb-grün*.

Ich bin der Ansicht, daß dieses verschiedene Verhalten durch eine verschiedene Dichte der aus Chlorstrontium und salpetersaurem Strontian dargestellten Präparate beruhe. Diese Ansicht scheint durch folgenden Versuch bestätigt zu werden.

**Versuch 5.** Von demselben unterschweifligsauren Strontian, der sich in Versuch 4 als unschmelzbar erwies, wurde eine gleiche Menge wie in dem vorigen Versuche in einem Porcellanmörser sehr fein gerieben. Das Volum desselben wurde durch diese Operation um etwa  $\frac{1}{3}$  vermindert. In demselben Platintiegel fest zusammengedrückt, wurde das Präparat nun unter denselben Bedingungen und ebenso lange geglüht als No. 4. Die resultirende Masse erschien nach dem Erkalten zwar nicht vollkommen geschmolzen, doch war sie zu einzelnen sehr festen Stücken zusammengesintert, welche, in eine Röhre eingeschmolzen, sich von den Bruchstücken einer geschmolzenen Masse nicht unterschieden. Sie leuchteten mit sehr schönem *glänzend gelblich-grünem Lichte*.

Die Gegenwart von unterschweifligsaurem Natron in unschmelzbarem (d. h. bei den angeführten Bedingungen) unterschweifligsaurem Strontian bewirkt ebenfalls, daß derselbe schmilzt, wie aus Versuch 6 hervorgeht.

**Versuch 6.** Von demselben unterschweifligsauren Strontian, welcher bei Versuch 4 nicht schmolz, wurde eine Menge von 2,4 Grm. mit 0,5 Grm. krystallisirtem unterschweifligsaurem Natron zusammengerieben, die Mischung locker in den Platintiegel geschüttet und eine halbe Stunde über einer guten Lampe, dann 7 Minuten über dem Gebläse geglüht. Die Masse war vollkommen zusammenge-

schmolzen und leuchtete *schön gelb-grün*, doch nicht so glänzend wie No. 5.

Aus diesem Versuch ersieht man zugleich, daß ein Ueberschuß von unterschwefligsaurem Natron der Leuchtkraft nicht schädlich ist; daher braucht man den gefällten unterschwefligsauren Strontian auch nicht auszuwaschen, wenn man äquivalente Mengen der bildenden Salze genommen hat.

Da nun das vollkommene Schmelzen für den Tiegel in sofern nicht von Vortheil seyn dürfte, als man genöthigt ist, denselben vortübergehend zur Loslösung der geschmolzenen Masse zu verbiegen, *so empfehle ich zur Darstellung von Leuchtsteinen aus unterschwefligsaurem Strontian das Befolgen des Verfahrens, wie es im Versuch 5 beschrieben wurde; die Dauer des Glühens darf dabei bis auf 15 Minuten über einer guten Lampe und 5 Minuten über dem Gebläse reducirt werden.*

Die so erhaltenen Leuchtsteine zeichnen sich durch eine eigenthümliche Nuance aus, welche keinem auf andere Weise hergestellten Leuchtsteine zukommt; diese Nuance ist ein eigenthümliches, besonders im ersten Momente nach der Bestrahlung sehr glänzendes *Gelblich-Grün*.

In Bezug auf Intensität des ausgestrahlten Lichtes gehören sie, bei richtiger Darstellung, unter die besseren Leuchtsteine.

Auch der unterschwefligsaure Strontian, welchen man durch Wechselersetzung äquivalenter Lösungen von unterschwefligsaurem Natron und essigsaurem Strontian erhält, giebt unter den oben genannten Bedingungen schöne Leuchtsteine.

## 2. Ausgehend von schwefligsaurem Strontian.

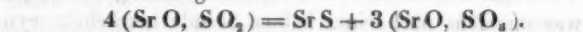
*Darstellung.* Man löst 60,8 Grm. krystallisirtes schwefligsaures Natron ( $\text{Na O, SO}_2 + 10 \text{ aq.}$ ) in heißem Wasser und fügt zu dieser filtrirten Lösung eine filtrirte heiße Lösung von 31,7 Grm. Chlorstrontium. Man verwendet für die angegebenen Quantitäten der Salze ungefähr so viel Wasser, daß die vereinigten Lösungen das Volumen von

etwa 500 CC. einnehmen. Der schwefligsaure Strontian scheidet sich sofort als weißer Niederschlag aus, der ziemlich lange in der Flüssigkeit suspendirt bleibt. Nach 24stündigem Stehen hat sich der Niederschlag so weit abgesetzt, daß man den größten Theil der Flüssigkeit abgießen kann; man bringt dann ohne auszuwaschen auf ein Filter und läßt abtropfen. Infolge der breiigen Beschaffenheit des Niederschlages filtrirt derselbe langsam; man wartet deshalb nur so lange, bis die größte Menge der Lösung abgetropft ist, was ungefähr nach einer halben Stunde geschehen seyn wird. Da der schwefligsaure Strontian sich an der Luft ziemlich leicht in schwefelsauren Strontian verwandelt, so muß man die Zeit des Trocknens möglichst abkürzen, was man leicht auf folgende Weise erreichen kann. Den breiigen Inhalt des Filters bringt man in eine Porcellanschale und trocknet denselben auf einem kochenden Wasserbade aus. Der schwefligsaure Strontian trocknet hierbei zu einer weißen unkrystallinischen Masse zusammen, wobei sich das Volumen des Niederschlages sehr reducirt. Sobald er trocken geworden, verschleift man ihn in ein gutschließendes Fläschchen. Steht eine Luftpumpe zur Verfügung, so ist ihre Anwendung in folgender Weise sehr zu empfehlen. Man erwärmt die Schale mit ihrem Inhalte sehr vorsichtig über einer Lampe, indem man die Schale mit der Hand über der Flamme rasch hin und her bewegt. Wenn sich der Inhalt etwas erwärmt hat (etwa auf  $30^{\circ}$  C.), so bringt man die Schale rasch unter den Recipienten der Pumpe über concentrirte Schwefelsäure und beginnt zu evacuiren. Sowie sich die Luft einigermassen verdünnt hat, beginnt das Wasser stürmisch zu verdampfen. Man muß nun sehr vorsichtig und langsam weiter evacuiren, damit die entweichenden Dampfblasen nicht ein starkes Spritzen des Niederschlages veranlassen. Hat man so bis auf etwa  $10^{\text{mm}}$  verdünnt und findet ein sichtbares Entweichen von Wasserdämpfen nicht mehr statt, so läßt man die Luft wieder eintreten und wiederholt die beschriebene Operation noch einmal. Hierauf ersetzt man die Schwefelsäure, welche schon viel Wasser



aufgenommen hat, durch eine neue Menge, evacuirt so weit als möglich und läßt nun ruhig stehen. Nach etwa 24 Stunden wird der schwefligsaure Strontian fast vollkommen ausgetrocknet seyn. Es möchte räthlich erscheinen, denselben unmittelbar vor dem Gebrauche darzustellen.

Der erhaltene schwefligsaure Strontian zeichnet sich dadurch aus, daß er bei ziemlich niedriger Temperatur gute Leuchtsteine liefert. Beim Glühen zerfällt derselbe wohl nach der Gleichung:



Bringt man in eine, am Ende zugeschmolzene, schwerflüssige Glasröhre etwa 0,5 bis 1 Grm. dieses Präparates, so genügt schon das Glühen über einer gewöhnlichen Gasflamme, um es nach 5 bis 10 Minuten in einen *mäßig gelb* leuchtenden Phosphor zu verwandeln. Das Maximum der Leuchtfähigkeit wird hiebei jedoch noch lange nicht erreicht, wie die folgenden Versuche zeigen.

*Versuch 7.* Etwa 5 Grm. dieses schwefligsauren Strontians wurden in einem dünnwandigen kleinen Porcellantiegel  $\frac{1}{2}$  Stunde lang über einer guten Lampe geglüht. Die erkaltete Masse zeigte sich zu festen kleinen Stücken zusammengesintert und leuchtete *nicht* sehr gut *gelblich*.

*Versuch 8.* 6 Grm. wurden in einem gleichen Tiegel geglüht, und zwar 15 Minuten über einer guten Lampe, dann 5 Minuten über dem Gebläse.

Masse geschmolzen, leuchtet *etwas besser* als die vorige Nummer *gelblich-grünlich*.

*Versuch 9.* Etwa 6 Grm. wurden in einem Platintiegel eine halbe Stunde lang über einer guten Lampe geglüht. Die Masse erschien weiß, bröcklich zusammengeschmolzen und leuchtete *schön hell* mit einer höchst eigenthümlichen Färbung, welche ich für *Hellgelb* mit einem Stich ins *Grünliche* und *Bläuliche* erklären möchte.

*Versuch 10.* Die gleiche Menge wie im vorhergehenden Versuch wurde in einem Platintiegel 15 Minuten über einer guten Lampe und 5 Minuten über dem Gebläse geglüht. Die Masse erschien weiß, vollkommen geschmolzen und



leuchtete ähnlich wie im vorigen Versuch; nur trat der Stich ins Grünliche und Bläuliche entschiedener hervor. Die Lichtstärke dagegen war eher geringer als größer.

Ich empfehle die Darstellung von Leuchtsteinen aus schwefligsaurem Strontian, weil sie bei Befolgung der beschriebenen Methode sehr sichere Resultate liefert. *Die besten Leuchtsteine werden erhalten, indem man das Glühen so leitet, wie es in Versuch 9 beschrieben wurde.* Für den Platintiegel ist hierbei nicht die geringste Besorgniss zu hegen, da die geschmolzene Masse den Tiegelwänden kaum anhaftet und mit der allergrößten Leichtigkeit davon zu entfernen ist, ohne dass man genöthigt wird, den Tiegel irgendwie zu verbiegen.

Es ist nicht rathsam, den schwefligsauren Strontian aus salpetersaurem Strontian darzustellen, da man sonst genöthigt wäre, sehr vollständig auszuwaschen um jede Spur von Salpetersäure zu entfernen, welche im höchsten Grade schädlich wirkt. Da aber der schwefligsaure Strontian sehr langsam filtrirt, so ist der atmosphärischen Luft zu lange Gelegenheit geboten, die Oxydation zu schwefelsaurem Strontian zu vollziehen.

In Bezug auf Lichtintensität gehören auch die Leuchtsteine aus schwefligsaurem Strontian, bei richtiger Darstellung, zu den besseren Phosphoren. Das ausgestrahlte Licht ist von einer ganz eigenthümlichen Nuance. Verglichen mit dem Lichte, welches Leuchtsteine aus unterschwefligsaurem Strontian erhalten, ausstrahlen, erscheint ihre Färbung mehr gelblich, während die letzteren ein mehr entschieden grünes Licht zeigen.

Auch der saure schwefligsaure Strontian, welchen man erhält, wenn man in eine Lösung von Chlorstrontium in Wasser eine Lösung von saurem schwefligsaurem Natron eintröpfelt, dann ein der Flüssigkeit gleiches Volum Alkohol hinzufügt, nach etwa 12stündigem Stehen abfiltrirt, die Masse ohne auszuwaschen vom Filter in eine passende Porcellanschale bringt, diese erwärmt über conc.  $\text{SO}_3$  in einem luftverdünnten Raum trocknet, liefert einen sehr schön grün-

lich leuchtenden Stein, wenn man denselben 15 Minuten über einer sehr guten Lampe und 5 Minuten über einem Gasgebläse glüht. Die vollkommen geschmolzene Masse zieht sich beim Erkalten so stark zusammen, daß sie an den Wänden des Tiegels kaum anhaftet.

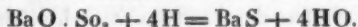
Das Trocknen des sauren schwefligsauren Strontians dauert übrigens viel länger als das des neutralen Salzes, auch entweicht dabei wohl etwas schweflige Säure.

Die Darstellung nach dieser Methode kann in Betracht des schönen Leuchtsteines, welchen man erhält, auch empfohlen werden.

### 3) Ausgehend vom schwefelsauren Strontian.

#### a. Reduction durch Wasserstoffgas.

Bekanntlich bereitete Osann einen künstlichen Leuchtstein, indem er über schwefelsauren Baryt, welcher in einer Glasröhre zum Glühen erhitzt wurde, einen Strom von Wasserstoffgas leitete. Der chemische Proceß ist sehr einfach und läßt sich ausdrücken durch die Formel



Diese Darstellungsmethode findet sich vereinzelt und nur so nebenbei angeführt, da, wie es scheint, Niemand untersucht hat, ob man mit Hülfe dieser Reaction nicht gute Leuchtsteine aus schwefelsaurem Strontian und schwefelsaurem Kalk erhalten könne. Wenn auch die Methode Osann's in ihrer ursprünglichen Form keine guten Resultate liefert<sup>1)</sup>, so kann sie doch leicht modificirt werden, daß es mir der Mühe werth schien, die Sache etwas weiter zu verfolgen.

Jeder Chemiker und Physiker kennt die von H. Rose (Pogg. Annal. Bd. 110, S. 128) vorgeschlagene vorzügliche Methode, gewisse Schwefelmetalle der vierten und fünften Gruppe als solche, mit Schwefel gemischt, im Wasserstoffstrome zu glühen und als Sulfüre zu wägen. Zur Ausführung dieser Methode bedient man sich kleiner Porcellantie-

1) Ich habe mich durch mehrfache Versuche überzeugt, daß die so erhaltenen Leuchtsteine, im Vergleiche zu den bisher beschriebenen und noch zu beschreibenden, sehr geringe Lichtintensität zeigen.

gel mit durchbohrtem Deckel. Ein zweckmäfsig gebogenes Porcellanrohr ist bestimmt, durch die Durchbohrung des Deckels, Wasserstoffgas in das Innere des Tiegels einzuführen.

Mit Hülfe dieses Apparates, welcher im Handel sehr leicht zu bekommen ist, versuchte ich die Reduction von schwefelsaurem Strontian, -Baryt und -Kalk im Wasserstoffstrom auszuführen, und wenn ich auch genöthigt war, den Porcellantiegel und Deckel mit einem Platintiegel und -Deckel zu vertauschen, so waren doch schon die im ersteren dargestellten Leuchtsteine von viel gröfserer Intensität, als das in einer Glasröhre reducirte Schwefelbarium. Zu einem Platintiegel mufs man greifen, da selbst in dem dünnwandigen Rose'schen Porzellantiegel die Hitze nicht grofs genug ist, um das Maximum der Leuchtfähigkeit zu erreichen. Jeder beliebige Platintiegel kann zu diesen Versuchen benutzt werden. Man bohrt mit Hülfe irgend eines spitzen Instrumentes in einen alten Platintiegeldeckel, wie er sich vereinzelt wohl in jedem Laboratorium findet, eine Oeffnung, welche grofs genug ist, um ein Rose'sches Porcellanröhrchen einführen zu können — und der Reductionstiegel ist fertig. Ehe ich mich zur Beschreibung des Reductionsverfahrens für schwefelsauren Strontian wende, mufs ich noch einige allgemeine Bemerkungen über die Herstellung eines geeigneten Wasserstoffgases vorausschicken.

Als Entwicklungsgefäfs verwendet man zweckmäfsig irgend einen constanten Apparat von beliebiger Construction. Will man eine Reihe von Reductionen vornehmen, so wählt man möglichst grofse Dimensionen dieses Entwicklers, da man darauf Bedacht nehmen mufs, einen ziemlich raschen Strom *ununterbrochen* während einiger Zeit zur Verfügung zu haben. Natürlich darf während eines Versuchs der Wasserstoffstrom niemals unterbrochen werden, bis das reducirte Schwefelstrontium, -barium oder -calcium vollkommen erkaltet ist.

Das Gas mufs vor seiner Anwendung gehörig gereinigt werden und zwar mufs hierbei vor Allem die gewöhnliche

Verunreinigung durch Arsenwasserstoff berücksichtigt werden. Die käufliche englische Schwefelsäure ist so allgemein und in so hohem Grade arsenhaltig, daß man energische Mittel anwenden muß, um das Wasserstoffgas von dieser fatalen Beimengung zu befreien. Das Gas, welches aus dem Entwicklungsapparate kommt, leite ich zuerst durch eine Waschflasche mit concentrirter Quecksilberchloridlösung, dann zum Trocknen durch eine Waschflasche mit concentrirter Schwefelsäure, und endlich, ehe das Gas in den Reductionstiegel gelangt, durch eine Marsh'sche Röhre<sup>1)</sup>, welche an einer oder zwei Stellen in fortwährendem Glühen erhalten wird. Hier scheidet sich dann der letzte Rest von Arsen ab und das Gas ist für unsern Zweck hinlänglich rein.

Auch die Aufstellung des Apparates ist nicht gleichgültig. Hat einmal die Reduction begonnen, so darf, wie oben schon angeführt, keine Unterbrechung des Stromes erfolgen; man muß also den Apparat so aufstellen, daß er ohne Schwierigkeit das augenblickliche Ersetzen der erheizenden Gaslampe durch das Gebläse ermöglicht. Dieses Ersetzen muß so rasch geschehen, daß der Reductionstiegel dabei nicht aus dem sichtbaren Rothglühen kommt. Um diese Bedingung zu ermöglichen, stellt man den Entwicklungs- und Reinigungsapparat am besten auf einen, dicht an den Blasetisch angertückten Tisch, das Glühgestell mit dem Tiegel aber auf den Blasetisch selbst. Die Verbindung des Porcellanrohres mit dem Reinigungsapparat muß eben durch einen, je nach Umständen größern oder kleinern Kautschukschlauch hergestellt werden.

Gehen wir nun zu dem Verfahren selbst über.

Die aus schwefelsaurem Strontian durch Reduction mit-

- 1) Da Marsh'sche Röhren sich leicht während des Glühens verbiegen und außerdem etwas zerbrechlich sind, so kann man einfach eine etwa 20 Cm. lange, schwer schmelzbare Glasröhre von angemessener Dicke nehmen. Um dieselbe vor dem Verbiegen zu schützen, spannt man dieselbe an beiden Enden in gerade stehende Klemmen ein und erhitzt, ohne Anwendung eines Glühringes, eine beliebige Stelle zwischen beiden Klemmen durch eine spitze Gasflamme zum Glühen.

telst Wasserstoffgas dargestellten Leuchtsteine können *alle Farben* annehmen, ohne daß ich gegenwärtig im Stande wäre, den Grund anzugeben, warum das aus einem bestimmten schwefelsauren Strontian erhaltene Schwefelstrontium gerade *blau*, warum das aus einem andern schwefelsauren Strontian hergestellte *gelb* oder *grünlich*, warum das auf ganz gleiche Weise und unter ganz gleichen äußern Bedingungen aus einem dritten erhaltene Schwefelstrontium *gar nicht* leuchtet. Wir haben einfach die Thatsache zu constatiren, daß sich verschiedener schwefelsaurer Strontian in dieser Beziehung verschieden verhält. Aber auch derselbe schwefelsaure Strontian kann bei längerem oder kürzerem, intensiverem oder schwächerem Glühen, mit ganz verschiedenen Farben leuchtendes Schwefelstrontium geben. Hierfür ein Beispiel:

*Versuch 11.* In einem, wie vorhin beschrieben, hergerichteten Platintiegel wurde ein schwefelsaurer Strontian, dessen Darstellung hier nicht angeführt werden soll und den wir vorläufig mit I bezeichnen wollen, im kräftigen Wasserstoffstrom 10 Minuten über einer guten Lampe erhitzt. Die Lampe wurde nun rasch, ehe sich der glühende Tiegel unter das sichtbare Rothglühen abkühlen konnte und ohne denselben von seinem ursprünglichen Platze zu entfernen, durch eine Bunsen'sche Blasetischlampe ersetzt und bei fortwährend starkem Wasserstrom noch 5 Minuten geglüht. Hierauf entfernte man die Lampe und ließ den Tiegel im Gasstrome vollkommen erkalten.

Das erkaltete Schwefelstrontium war weiß, etwas zusammengebacken und leuchtete schön *hellgelb*.

*Versuch 12.* Von demselben schwefelsauren Strontian wurde, unter gleichen Bedingungen, eine anscheinend gleiche Quantität in demselben Tiegel 15 Minuten über einer guten Lampe und 6 Minuten über dem Gebläse geglüht <sup>1)</sup> Nach dem Erkalten erschien das Schwefelstrontium *weiß*, etwas zusammengebacken und leuchtete höchst merkwürdig *hellblau*.

1) Der Gasdruck hatte sich während der Versuche 12 und 13 etwas gesteigert.

und *hellgelb* gemischt. Die blaue Farbe war indessen vorwiegend. Diese Farbenmischung ist natürlich so zu verstehen, dafs neben einander liegende Stückchen die genannten verschiedenen Farben zeigten.

*Versuch 13.* Von demselben Präparate unter gleichen Bedingungen reducirt und zwar 10 Minuten über einer guten Lampe und 10 Minuten über dem Gebläse. Die erkaltete Masse war weifs, zusammengebacken und leuchtete *blau* mit wenigen zerstreuten *gelben* Punkten.

Es scheint aus diesen Versuchen hervorzugehen, dafs der eben erwähnte schwefelsaure Strontian einen *gelben* Leuchtstein liefert, wenn die intensivere Hitze des Gebläses nur 5 Minuten, dagegen einen *blauen*, wenn die höhere Temperatur längere Zeit auf ihn einwirkt. So klar als die Sache nach diesen Versuchen erscheinen könnte, ist sie aber doch nicht, wie die beiden folgenden Versuche beweisen werden.

*Versuch 14.* Ein anderer schwefelsaurer Strontian, den wir mit II bezeichnen wollen, wurde ebenfalls mit Wasserstoff im Platintiegel reducirt, und zwar 10 Minuten über einer guten Lampe und 5 Minuten über dem Gebläse. Die Masse erschien nach dem Erkalten weifs, zusammengebacken und leuchtete sehr eigenthümlich *rosaroth* und *hellblau* gemischt.

*Versuch 15.* Eine anscheinend gleiche Quantität desselben Präparates wurde genau unter denselben äufsern Verhältnissen und eben so lange erhitzt. Nach dem Erkalten erschien das Schwefelstrontium weifs, zusammengebacken und leuchtete *bläulich-grün* mit wenig *rein blauen* Punkten.

Weshalb zeigen nun diese aus demselben schwefelsauren Strontian und unter anscheinend gleichen Verhältnissen dargestellten Präparate ein so verschiedenes Licht? Wenn es auch möglich ist, dafs vielleicht der Gasdruck sich während der Versuche oder zwischen beiden Versuchen geändert hat, so kann diess doch nicht in auffallender Weise geschehen seyn, ohne dafs ich diesen Umstand bemerkt hätte: die Temperatur konnte daher in beiden Fällen auch nicht um eine bedeutende Gröfse verschieden seyn. Ich will gern zugeben, dafs die gleiche Dauer des Glühens über demselben

Gebläse kein genaues Kriterium für die Höhe der Temperatur in einem glühenden Tiegel seyn kann, selbst wenn man annehmen darf, daß der Gasdruck sich nicht geändert habe, aber doch glaube ich annehmen zu dürfen, die mögliche Temperaturdifferenz sey keine sehr bedeutende gewesen. Diese Annahme scheint mir um so mehr gerechtfertigt, da in dem Farbenton des glühenden Tiegels kein Unterschied bemerkt wurde. Hier liegt der eigenthümliche Fall vor, daß das gleiche Präparat bei anscheinend gleicher Behandlung zwei ganz verschieden leuchtende Steine liefern kann.

Daß die verschiedene Dichte einen großen Einfluß hat, scheint mir außer Zweifel zu stehen. Differenzen in der Dichte sind nun beim schwefelsauren Strontian sehr gewöhnlich. Jeder Chemiker weiß, daß der durch Fällen einer Chlorstrontiumlösung mit verdünnter Schwefelsäure erhaltene schwefelsaure Strontian viel dichter ist als der auf gleiche Weise aus einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Strontian gefällt.

Aus sehr vielen Versuchen scheint mir nun hervorzugehen, daß der schwefelsaure Strontian, welcher mit Wasserstoffgas reducirt werden soll, eine mittlere Dichtigkeit besitzen müsse, welche geringer als die des natürlich vorkommenden Cölestins und größer ist als die des aus einer Lösung von salpetersaurem Strontian mit verdünnter Schwefelsäure und Alkohol gefällten schwefelsauren Strontians, wenn das resultirende Schwefelstrontium sich als guter Leuchtstein zeigen soll.

Reiner farbloser, schön krystallisirter Cölestin (mit Schwefel von Sicilien stammend) wurde fein gerieben und im Platintiegel mit Wasserstoffgas unter verschiedenen Umständen reducirt. Das Leuchtvermögen des resultirenden Schwefelstrontiums war aber in drei verschiedenen Versuchen jedesmal ein sehr geringes. Ebenso gab schwefelsaurer Strontian, welcher aus einer Lösung von salpetersaurem Strontian durch verdünnte Schwefelsäure und Alkohol gefällt wurde, schlechte Resultate.

Der schwefelsaure Strontian, welchen man aus Fabriken



erhält, giebt meist schlechte Resultate, wenigstens erhielt ich durch Reduction von Präparaten aus den bekannten Fabriken von Trommsdorff in Erfurt, Henner et Comp. in Wyl, Kanton St. Gallen, Nöllner in Darmstadt (letzterer wohl aus der Fabrik von Merk?) unbefriedigende Resultate. Nach vielen Versuchen glaube ich eine Darstellungsmethode gefunden zu haben, welche ziemlich constant gute Resultate liefert.

Vor Allem will ich bemerken, dafs bei der Fällung des schwefelsauren Strontians ein Zusatz von Alkohol, wie derselbe wohl gemacht wird, um vollkommene Ausscheidung des schwefelsauren Strontians zu erlangen, durchaus unterlassen werden mufs. Das durch Zusatz von Alkohol erhaltene Präparat ist zu locker, um einen guten Leuchtstein zu geben. Im Folgenden gebe ich die Methode, nach welcher ich stets gute Resultate erhalten habe.

Darstellung des schwefelsauren Strontians.

Der in Versuch 11 mit I bezeichnete schwefelsaure Strontian war auf folgende Weise erhalten worden:

50 Grm. Chlorstrontium (als *Stront. chlorat. pur. cryst.* aus der Fabrik von Henner et Comp. in Wyl, Kanton St. Gallen, bezogen) wurden in 250 CC. heifsem Wasser gelöst. Da die Lösung nicht vollkommen klar erschien, so wurde sie filtrirt. Andererseits wurden 15,5 Grmm. englische Schwefelsäure ebenfalls mit destillirtem Wasser auf 250 CC. verdünnt und diese verdünnte Schwefelsäure zu der, in einem gröfseren Glaskolben befindlichen, Chlorstrontiumlösung hinzugefügt. Es entstand ein dicker Brei, zu welchem nun 500 CC. kaltes destillirtes Wasser hinzugesetzt wurden. Nach dem Umschütteln liefs man etwa 16 Stunden stehen.

Nach dieser Zeit hatte sich der schwefelsaure Strontian als eine ziemlich dicke Schicht am Boden abgesetzt. Die darüber stehende klare Flüssigkeit wurde abgegossen, der Niederschlag mit Wasser aufgeschlemmt und abfiltrirt. Auf dem Filter wurde nur mit wenig destillirtem Wasser einmal übergossen und dann der Niederschlag auf dem Filter ge-



trocknet. Wenn man die Flüssigkeit zuerst nicht ziemlich vollkommen von dem Niederschlag abgegossen hat, so ereignet es sich zuweilen, daß das Filter beim Trocknen durch die freie Säure, welche noch in dem Filtrate enthalten ist, gebräunt wird. In diesem Falle theilt sich die bräunliche Farbe auch der dem Filter zunächst liegenden Schicht des schwefelsauren Strontians mit. Man muß diese dann nach dem Trocknen mit einem Messer abschaben, was übrigens leicht ausführbar ist, da der getrocknete schwefelsaure Strontian gewöhnlich einen ziemlich gut zusammenhaltenden Kegel von der Form des Filters bildet.

Wenn man die englische Schwefelsäure als Hydrat ( $\text{SO}_3, \text{HO}$ ) berechnet, so reichen 15,5 Grm. gerade hin, um 25 Grm. ( $\text{Sr Cl}$ ) zu zersetzen. Da nun die englische Schwefelsäure immer noch einige Procente Wasser mehr enthält als der Formel  $\text{SO}_3, \text{HO}$  entspricht, so kann unter den gegebenen Verhältnissen nicht einmal ganz die Hälfte des Chlorstrontiums zersetzt werden. Auf das Einhalten dieser Verhältnisse lege ich Gewicht.

Der in Versuch 14 mit II bezeichnete schwefelsaure Strontian war mit geringer Abänderung hergestellt worden, welche indessen, wie es scheint, genügend war, um demselben ein etwas anderes Verhalten bei der Reduction mitzutheilen. Um zu zeigen, daß auch derartige kleine Unterschiede bei der Darstellungsmethode bedeutende Farbdifferenzen bedingen können, will ich auch die Darstellung dieses Präparates kurz mittheilen.

50 Grm. desselben Chlorstrontiums wurden in 250 CC. kaltem Wasser gelöst, zu der filtrirten Lösung wurden noch 250 CC. Wasser gesetzt und hierzu 15,5 Grm. reine, concentrirte, wasserhelle Schwefelsäure von Trommsdorff, welche vorher auf 250 CC. verdünnt worden waren, hinzugefügt. Es entstand eine breiartige Ausscheidung, zu welcher 100 CC. Wasser hinzugesetzt wurden. Nach dem Schütteln liefs man etwa 16 Stunden stehen, nach welcher Zeit sich der schwefelsaure Strontian als ziemlich dichte Schicht am Boden abgesetzt hatte. Es wurde abgegossen, mit Wasser

aufgeschwemmt, auf ein Filter gebracht, einmal ausgewaschen und getrocknet.

Hat man sich auf diese oder die andere Weise geeigneten schwefelsauren Strontian verschafft, so zerdrückt man den Kegel, zu welchem derselbe zusammengetrocknet ist, auf einem Blatte Papier leicht mit den Fingern (damit er seine Dichtigkeit nicht ändere, darf er nicht in einem Mörser zerrieben werden) und schüttet hiervon zur Darstellung eines Leuchtsteines etwa 5 Grm. locker in einen Platintigel, erhitzt erst 10 bis 15 Minuten im starken Wasserstoffstrom über einer guten Bunsen'schen Lampe, dann noch 5 bis 7 Minuten über dem Gasgebläse und läßt endlich im Wasserstoffstrome erkalten. Es ist vor der Hand nicht möglich vorauszusagen, welche Farbe der erhaltene Leuchtstein zeigen werde, doch ist sie gewöhnlich bei so dargestellten Präparaten wie I blau, wenn die Hitze anhaltend genug war, oder hellgelb, wenn dies nicht der Fall war. Die günstigsten Zeitverhältnisse in Bezug auf die Dauer des Glühens muß man für jeden dargestellten schwefelsauren Strontian bestimmen, doch dürften sie nicht außerhalb der eben angeführten Gräenzen liegen. Sehr häufig erhält man nach dieser Methode einen Leuchtstein, dessen verschiedene Theile mit verschiedenen Farben leuchten. Jedenfalls muß man den fertigen Stein sofort, unter Beobachtung der im Eingang beschriebenen Vorsichtsmafsregeln, in eine Glasröhre einschmelzen.

In Anbetracht der sehr verschiedenen Farben, welche man nach dieser Darstellungsmethode erhalten kann, empfehle ich dieselbe sehr. Die Farben, welche das so hergestellte Schwefelstrontium zeigt, sind: *hellgelb*, *grünlich-gelb*, *grün* (seltener), *blau*, *violett* (seltener), endlich Mischungen dieser Farben; zweimal habe ich Schwefelstrontium erhalten, welches mit einer andern Farbe gemischt, an einzelnen Stellen ein sehr schönes *Rosa* zeigte.

In Bezug auf Intensität des ausgestrahlten Lichtes kommen die so dargestellten Leuchtsteine den aus unterschwefligsaurem Strontian dargestellten im Allgemeinen nicht gleich, wenn man auch zuweilen ein hellgelb leuchtendes Schwe-

felstrontium erhält, welches fast eben so hell und anhaltend leuchtet, als die bisher beschriebenen Leuchtsteine. Immerhin gehören sie zu den guten Leuchtsteinen, deren Darstellung unter *genauem Einhalten der beschriebenen Methode* sehr lohnend ist.

b. Reduction durch Holzkohle.

Nach der Formel



kann man derartige Reductionen vornehmen und wurde in der That wohl der älteste Leuchtstein, der sogenannte Bononische Stein, nach diesem Schema aus Schwerspath ( $\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$ ) und Traganthschleim dargestellt. Dieses Verfahren ist allgemein bekannt. Später stellte auch John einen entsprechenden Strontian-Leuchtstein dar, indem er den Schwerspath durch Cölestin ersetzte.

Glüht man schwefelsauren Strontian im Platintiegel mit Holzkohlenpulver innig gemengt, so erhält man nach hinreichend langem und intensivem Glühen ein ziemlich weißes Schwefelstrontium, welches gewöhnlich mit gelblich-grüner Farbe leuchtet.

Betrachtet man die Holzkohle als reinen Kohlenstoff, was sie natürlich nicht ist, so verlangen nach unserer Formel 100 Theile schwefelsaurer Strontian 26,16 Theile Holzkohle. Man nimmt in runder Zahl auf 4 Theile schwefelsauren Strontian 1 Theil Holzkohle.

Ich habe auf diese Weise eine Reihe von Strontianleuchtsteinen hergestellt, doch kann ich ihre Darstellung nicht empfehlen, da das Leuchtvermögen derselben ein ziemlich geringes ist und ich auch nur grünliche oder gelbliche Farben erhalten konnte.

Cölestin eignet sich nach meinen Versuchen am wenigsten zur Reduction mittelst Holzkohle im Platintiegel, denn sämtliche angestellte Versuche ergaben ein Schwefelstrontium, welches nur schwach *grünlich-gelb* leuchtete. Dabei darf man nur wenig Substanz (etwa 2,5 Grm.) nehmen und muß mindestens 15 Minuten über einer guten

Lampe und 8 bis 10 Minuten über dem Gebläse glühen, um ein annähernd weisses Schwefelstrontium zu erhalten. Gefällter schwefelsaurer Strontian wird etwas leichter reducirt, aber die Resultate sind, wie schon angeführt, nicht der Art, um die verhältnissmässig grosse Mühe zu lohnen, welche man dabei hat.

Es mögen als Belege einige Versuche angeführt werden.

*Versuch 16.* 4 Theile gefällter schwefelsaurer Strontian wurden mit 1 Theil fein gepulverter Holzkohle innig gemischt und in einem kleinen Platintiegel eine halbe Stunde über einer guten Bunsen'schen Lampe mit Schornstein ge- glüht. Nach dem Erkalten zeigte sich die Masse in der Mitte noch grau; sie wurde daher noch 5 Minuten über dem Gebläse ge- glüht. Nach dieser Zeit erschien das Schwefelstrontium ziemlich weiss und leuchtete unbedeutend hellgelb.

*Versuch 18.* Gleiche Mischung wie im Versuch 16, der schwefelsaure Strontian aus salpetersaurem Strontian erhalten; ziemlich viel Substanz. Wurde ge- glüht und zwar 25 Minuten über einer guten Lampe und 10 Minuten über dem Gebläse.

Nach dem Erkalten zeigte sich in der Mitte noch eine graue Stelle. Die weissen Theile leuchteten schwach hell mit einzelnen stärker leuchtenden grünlichen Punkten. Ein kleiner Theil der Masse wurde nun mit noch einer kleinen Menge Kohlenpulver gemischt und über einer guten Lampe 15 Minuten ge- glüht. Das Leuchtvermögen war sehr wenig verbessert. Farbe grünlich.

Ich will nicht ermüden durch Anführen weiterer Versuche, da dieselben alle mit den angeführten übereinstimmen. Es geht aus denselben hervor, dass es zwar möglich ist, aus schwefelsaurem Strontian durch Reduction mit Holzkohle im Platintiegel Leuchtsteine darzustellen, dass dieselben aber lichtschwach und von keiner schönen Farbe sind. Dies die Gründe, weshalb ich diese Darstellungsmethode nicht empfehlen kann. Es soll damit natürlich nicht gesagt seyn, dass es überhaupt unmöglich sey, durch Reduction mit

Kohle gute Leuchtsteine, von schwefelsaurem Strontian ausgehend, darzustellen, doch lag eine weitere Verfolgung der Sache durch Anwendung von Thontiegeln und Windöfen außer den Gränzen meiner Aufgabe.

(Schluß im nächsten Heft.)

**V. Ueber den Schmelzpunkt der Fette und ihr Verhalten beim Erstarren;  
von Dr. Th. Wimmel in Hamburg.**

Wenn man die Angaben über den Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt der natürlichen Fettarten bei den verschiedenen Beobachtern vergleicht, so zeigen sich auffallende Abweichungen in den Temperaturgraden. Diese Differenz in den Zahlen fiel mir zuerst bei Bestimmung der Schmelztemperatur des Japanwachses auf, wozu sich mir häufig Gelegenheit bot. Der Schmelzpunkt dieser Substanz wird so verschieden angegeben, daß man sogar daraus geschlossen hat, das Japan-Wachs komme in zwei Modificationen vor; doch auch bei den übrigen Fettarten sind die Angaben mehr oder weniger auseinandergehend.

Wenn nun auch geringe Differenzen auf die natürliche Veränderlichkeit der Fette, als Abscheidungen lebender Organismen sich zurückführen lassen, so darf man, wie zahlreiche Versuche mir bewiesen haben, dieser Ursache doch nur enge Gränzen ziehen, und halte ich mich überzeugt, daß die so abweichenden Resultate in der Hauptsache darin ihren Grund haben, daß das Verhalten der Fette beim Uebergange aus dem festen Zustande in flüssigen und umgekehrt bis jetzt zu wenig genau beobachtet, und daß in Folge dessen der Schmelzpunkt häufig mit dem Erstarrungspunkt verwechselt worden ist.

Das Material, welches die betreffenden Werke über diesen

Gegenstand bieten, ist nicht reichhaltig und beschränkt sich fast allein auf kurze Angabe des Schmelz- oder Erstarrungspunktes bei den einzelnen Fettarten.

Im Allgemeinen scheint es als Regel angenommen zu werden, daß diese beiden Erscheinungen zusammenfallen; denn nur ausnahmsweise findet sich erwähnt, daß der Erstarrungspunkt dieser oder jener Fettart von ihrem Schmelzpunkt entfernt sey. Auch über die Methode, nach welcher diese Temperaturgrade aufgefunden und bestimmt sind, fehlen in den meisten Fällen alle Angaben, und in dieser Richtung wird wohl eine zweite Quelle der von einander abweichenden Resultate zu suchen seyn.

Diesen letzteren Gegenstand möchte ich nun zunächst erledigen und bevor ich das Ergebniss meiner weiteren Beobachtungen mittheile.

Die zur Bestimmung des Schmelzpunktes der Fette vorgeschlagenen Methoden unterscheiden sich wesentlich darin, daß entweder das Durchsichtigwerden oder das Flüssigwerden der Fette als Schmelzpunkt angenommen wird. Im ersteren Falle wird das, entweder in Haarröhrchen oder nach dem Verfahren von Pohl (Polyt. Centralblatt 1855 S. 165) auf der Thermometerkugel selbst erstarrte Fett bis zum Durchsichtigwerden erwärmt; dasselbe Princip befolgt die Methode von Bergsmann (Kunst- und Gewerbeblatt für Bayern 1867. Januarheft), jedoch mit dem Unterschiede, daß dieser das ganze Thermometer mit der Probe in einen doppelten Metallcylinder einschließt. Abweichend von dieser ist das von Bouis (*Annales de chimie et pharmacie* T. XLIV p. 152) angegebene Verfahren, nach welchem das verflüssigte Fett in eine, an beiden Seiten offene Glasröhrchen gebracht wird, welche nach dem Erstarren desselben unter Wasser so lange erwärmt werden, bis das wieder flüssig gewordene Fett durch das in die untere enge Oeffnung des Röhrchens eindringende Wasser bis auf das Niveau der umgebenden Wasserschicht hinaufgedrückt wird.

Ich habe bei allen meinen Versuchen gleichzeitig sowohl diese letztere Methode, als auch die von Pohl benutzt,

und bei dieser Vergleichung die Ueberzeugung gewonnen, daß dieselben in den meisten Fällen übereinstimmende Resultate geben, und daß, wo dies nicht der Fall ist, ein eigenthümliches Verhalten der betreffenden Fettart solche Differenzen verursacht. Es werden nämlich einige Fette erst ganz durchsichtig bei einer Temperatur, welche wenige oder mehrere Grade höher ist als diejenige, bei welcher sie völlig dünnflüssig geworden sind. Dies Verhalten zeigt z. B. das Schweineschmalz, der Rinds- und Hammeltalg, während man beim Japan-Wachs das entgegengesetzte Verhalten bemerkt. Es wird nämlich schon bei etwa 42° C. ganz durchsichtig, während es erst bei 53 oder 54° flüssig wird. Bei diesen Fetten gelangt man daher, wenn man das Moment des Durchsichtigwerdens als Schmelztemperatur annimmt, zu falschen Resultaten, und wenn Bergsmann den Schmelzpunkt des Rindertalgs auf 59,6° C. feststellt, so läßt sich das wohl nur aus dieser Ursache erklären. Ich habe aus dem Grunde in der vorliegenden Arbeit die Schmelzpunkte ausschliesslich so festgestellt und angegeben, wie ich sie nach dem etwas veränderten Verfahren von Bouis gefunden habe. Auf die Weite der Röhrchen, worin die Fette geschmolzen werden, kommt es dabei weniger an als darauf, daß dieselben recht dünnwandig, völlig cylindrisch ausgezogen und auf der Innenfläche ganz glatt sind. Röhrchen von  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{6}$ " innerem Durchmesser gaben bei wiederholten Versuchen bis auf  $\frac{1}{4}$ ° C. übereinstimmende Resultate.

Die Röhrchen wurden auf etwa 1" Länge durch Ansaugen mit dem geschmolzenen Fette gefüllt, und nachdem dasselbe erstarrt war, einen oder bei ganz weichen Fetten zwei Tage bei Seite gelegt, bevor sie zum Versuche benutzt wurden. Letzteres darf durchaus nicht unterlassen werden, wenn man richtige Resultate erlangen will; denn die Fette, zumal die weicheren, nehmen nach dem Schmelzen nur sehr langsam wieder ihre natürliche Festigkeit an. Eine Sorte Schweineschmalz z. B., welche nach dem Erstarren in den Röhren noch zwei Stunden in kaltem Wasser gestanden hatte, schmolz schon bei 33° C., während dieselbe



Probe nach zweitägiger Ruhe vor dem Versuche erst bei 42° C. flüssig wurde. Ebenso schmolz Butter einige Stunden nach dem Erstarren in den Glasröhrchen bei 25°, wurden die damit gefüllten Röhrchen aber vor dem Versuche zwei Tage bei Seite gelegt, so schmolz sie erst bei 31½° C. Aehnliches beobachtete ich bei dem Cocosöl und dem Japan-Wachs.

Die Schmelzversuche stellte ich so an, daß drei mit derselben Fettprobe, wie angegeben, gefüllte Glasröhren nebst dem Thermometer in ein Becherglas gestellt wurden, dessen Boden innen mit einer doppelten Lage von starkem Papier belegt war, wonach das Glas so weit mit Wasser gefüllt wurde, daß dasselbe etwa  $\frac{3}{4}$  Zoll höher stand als das Fett in den Röhrchen. Dieser Apparat wurde dann auf ein Schutzblech gestellt und durch die Weingeistflamme ganz langsam erwärmt, bis das Aufsteigen der Fette erfolgte.

Ein Mangel meines Verfahrens liegt allerdings darin, daß dieses Aufsteigen bei einigen Fettarten so langsam vor sich geht, daß während dieser Erscheinung die Temperatur noch bemerkbar steigt; doch wird der etwa dadurch hervorgerufene Fehler selten einen halben Grad erreichen, und ist es mir nicht möglich gewesen nach dem Verfahren von Pohl genauer übereinstimmende Resultate zu erzielen. Auch halte ich mich überzeugt, daß eine genauere Angabe der Schmelzpunkte, welche Bergsmann sogar bis zur vierten Decimalstelle fortgeführt hat, weder wissenschaftlichen noch practischen Werth hat.

Ich habe mit dem Apparat von Bergsmann nicht gearbeitet, doch bezweifle ich, daß man das Durchsichtigwerden eines Fettes in Haarröhrchen bis auf  $\frac{1}{10000}$ ° genau beobachten kann, und überdies habe ich niemals zwei Sorten derselben Fettart völlig übereinstimmend gefunden. Sie zeigen alle geringe Abweichungen in der Festigkeit, die mitunter sogar mehr als einen halben Grad betragen.

So viel über den Schmelzpunkt. Noch wichtiger als die Bestimmung des Schmelzpunktes ist die des Erstarrungspunktes; denn gerade beim Uebertreten aus dem flüssigen



in den festen Zustand zeigen die Fette ein ganz bemerkenswerthes Verhalten, und wenn, wie man aus den wenigen Mittheilungen über diesen Gegenstand schliessen muß, dies Verhalten in seiner Allgemeinheit bis jetzt noch nicht genügend beobachtet ist, so berechtigt dieser Umstand wohl zu der Annahme, daß darin die hauptsächlichliche Veranlassung zu der besprochenen Differenz in den Zahlenangaben zu suchen sey.

Man darf nämlich keineswegs die sonst als allgemein gültig angenommene Regel, daß der Schmelzpunkt einer Substanz mit ihrem Erstarrungspunkt übereinstimme, auf die Fette anwenden; denn sie trifft, soweit sich meine Untersuchungen erstreckten, bei keinem derselben zu.

Alle *eigentlichen* Fette, also die so bezeichneten salzartigen Verbindungen des Glyceryloxydes, zeigen das bemerkenswerthe, weil abnorme Verhalten, daß sie nach dem Schmelzen unter gewöhnlichen Umständen bei einer Temperatur erstarren, welche mehr oder weniger weit unter dem Schmelzpunkt liegt, und diese Eigenheit trennt sie scharf von andern fettähnlichen Substanzen, welche keine Glyceryloxyd-Verbindungen sind, z. B. dem Bienenwachs und dem Wallrath, bei welchen das Erstarren gleich unterhalb der Schmelztemperatur eintritt.

Bei diesem Erstarren der Fette tritt dann immer eine Temperatur-Erhöhung ein; eine Beobachtung, welche schon Chevreul bei mehreren derselben machte. Diese Erhöhung der Temperatur ist bei einigen bedeutend, so daß sie fast den Schmelzpunkt erreicht, bei anderen nur gering aber doch deutlich bemerkbar.

Außer diesem ihrem natürlichen und ganz constanten Erstarrungspunkt zeigen alle Fette noch einen zweiten. Sie lassen sich nämlich, indess nur unter gewissen Umständen, welche ich sogleich näher beschreiben werde, auch noch bei einer höheren, dem Schmelzpunkt näheren Temperatur zum Erstarren bringen. In diesem Falle zeigt sich dabei häufig keine Temperatur-Erhöhung.

Es scheint also, daß die unter gewöhnlichen Umständen

erstarrenden Fette in dem Zustande sich befinden, welchen man, vielleicht nicht ganz treffend, mit Ueberschmelzung bezeichnet hat; und wenn die Temperatur während des Erstarrens nicht ganz wieder bis auf den Schmelzpunkt steigt, wie dies z. B. bei dem unter seinem natürlichen Erstarrungspunkt flüssig erhaltenen Wasser der Fall ist, so mag die Ursache davon wohl in der, auch in anderer Richtung bemerkbaren, äußerst langsamen Beweglichkeit der Fett-Moleküle zu suchen seyn; denn wie das Erstarren, so erfolgt auch das dabei stattfindende Freiwerden von Wärme nur sehr langsam, so daß davon an die äußere Umgebung ein häufig großer Theil abgegeben wird, und es läßt sich bei den einzelnen Fetten deutlich beobachten, daß, je schneller sie erstarren, um so bedeutender auch die dabei eintretende Temperatur-Erhöhung ist, und daß diese wieder um so geringer sich zeigt, je langsamer das Erstarren von statten geht.

Das Fett der Muscatnufs erstarrt z. B. verhältnißmäßig schnell; die Temperatur steigt dabei von  $33^{\circ}$  auf  $41\frac{1}{2}^{\circ}$  bis  $42^{\circ}$  C., während der Schmelzpunkt bei  $42\frac{1}{2}^{\circ}$  liegt. Ganz frisches Palmöl dagegen erstarrt äußerst langsam und die Temperatur steigt dabei von  $21^{\circ}$  C. nur auf  $21\frac{1}{2}^{\circ}$ , während der Schmelzpunkt bei  $30^{\circ}$  liegt.

Hängt man ein Thermometer in frisch ausgelassenen, ganz klar geschmolzenen Hammeltalg und überläßt ihn der ruhigen Abkühlung, so verliert er bei  $37^{\circ}$  gänzlich seine Durchsichtigkeit; das Thermometer sinkt dann noch bis  $36^{\circ}$ ; auf dieser Höhe hält sich die Temperatur längere Zeit und steigt dann, während das noch etwas flüssige Fett allmählich fest wird, auf  $40$  bis  $41^{\circ}$ .

Erwärmt man aber den Talg längere Zeit bis eben über den Schmelzpunkt ( $48^{\circ}$  C.), so daß er ganz dünnflüssig, aber noch nicht ganz klar geworden ist (am besten gelingt dieser Versuch mit eben erstarrtem, also noch weichem Talg), so erstarrt er schon wieder bei  $45$  bis  $46^{\circ}$  ohne Temperaturerhöhung. Ganz ähnlich verhalten sich die übrigen Fette. Auch das Japan-Wachs läßt sich bei verschiedenen Wärmegraden zum Erstarren bringen, doch nicht bei einer dem

Schmelzpunkt ganz nahen Temperatur, daher zeigt sich beim Erstarren desselben stets eine Temperatur-Erhöhung.

Ich werde nun das Verhalten der einzelnen Fette beim Schmelzen und Erstarren beschreiben, und stelle dabei meinen Beobachtungen die bisher veröffentlichten voran. In Bezug auf das von mir benutzte Material bemerke ich noch, daß ich die Talgarten, das Schweineschmalz und die Cacao-butter selbst ausgeschmolzen habe; die übrigen, durch den Handel bezogenen Fettarten waren von bester Beschaffenheit. Von jeder Fettart untersuchte ich mindestens drei verschiedene Proben, von dem Japan-Wachs sogar 18 Proben verschiedenen Alters.

Zur Beobachtung des Verhaltens beim Erstarren verwandte ich jedesmal drei Unzen Fettmasse, da ich mich überzeugt habe, daß kleinere Proben gar zu sehr durch die Umgebung beeinflusst werden und man deshalb die Temperatur-Erhöhung während des Erstarrens weniger gut bei solchen wahrnehmen kann.

#### 1. Rindertalg.

Die meisten Beobachter geben für den Schmelzpunkt des Rindertalgs  $37^{\circ}$  C. an.

Nach Bolley schmilzt er bei  $37$  bis  $40^{\circ}$

» Thomson » » »  $38^{\circ}$

» Lepage » » »  $46^{\circ}$

Nach Berzelius, welcher keinen Schmelzpunkt angiebt, fängt er bei  $37^{\circ}$  an zu erstarren, und erwärmt sich dabei auf  $39^{\circ}$  C. — Nach Schubarth, welcher ebenfalls keinen Schmelzpunkt angiebt, erstarrt er bei  $39^{\circ}$ .

Nach Pohl, welcher genauere Versuche mit dem Rindertalg angestellt hat, schmilzt er im Mittel bei  $43,8^{\circ}$  C. und erstarrt bei  $40,21^{\circ}$ . Pohl konnte beim Erstarren keine Temperatur-Erhöhung beobachten.

Den höchsten Schmelzpunkt giebt Bergsmann an, nämlich  $59,6259$  von frischem, und  $58,1537$  von ranzigem Talg.

Die Angaben des Schmelzpunktes schwanken also zwischen  $37$  und  $59,6^{\circ}$  C., die des Erstarrungspunktes zwischen  $37$  und  $40,2^{\circ}$  C.

Ich fand keine solche Differenzen. Zwei im Sommer frisch ausgelassene Proben schmolzen bei  $43^{\circ}$  C., sie waren aber bei dieser Temperatur noch nicht völlig klar. Wenn ich den klar geschmolzenen Talg der ruhigen Abkühlung überliefs, so ward er bei  $33\frac{1}{2}^{\circ}$  ganz trübe und dickflüssig, bei  $33^{\circ}$  weich salbenartig; von da ab stieg die Temperatur, während der Talg immer fester wurde, auf  $36$  bis  $37^{\circ}$  C. Wurde der eben erstarrte Talg durch längeres Erwärmen bis auf oder eben über den Schmelzpunkt (also  $43$  bis  $44^{\circ}$ ) wieder verflüssigt und dann der Abkühlung überlassen, so wurde er schon bei  $42\frac{1}{2}$  wieder dickflüssig, bei  $42^{\circ}$  salbenartig, ohne Temperatur-Erhöhung.

Mit demselben Talg stellte ich nach 6 Monaten die gleichen Versuche an. Der Schmelzpunkt hatte sich um einen halben Grad erhöht; er schmolz nämlich bei  $43\frac{1}{2}^{\circ}$  C. und erstarrte schon bei  $34^{\circ}$ . Die Temperatur stieg während des Erstarrens von  $34$  auf  $38^{\circ}$  C. Wenn der eben erstarrte Talg bei möglichst gelinder Wärme wieder verflüssigt wurde, so erstarrte er schon wieder bei  $42\frac{1}{2}^{\circ}$  C. ohne Temperatur-Erhöhung.

## 2. Hammeltalg.

Nach Berzelius u. andern Beobachtern, welche keinen Schmelzpunkt angeben, fängt der Hammeltalg bei  $37^{\circ}$ , mitunter bei  $40^{\circ}$  C. an zu erstarren, und erwärmt sich dabei auf  $39$  bis  $41^{\circ}$ .

Muspratt u. A. geben für den Schmelzpunkt dieselbe Temperatur an, nämlich  $38$  bis  $41^{\circ}$  C.

Nach Dulk erstarrt er bei  $50^{\circ}$ , nach Schubarth bei  $40^{\circ}$  C.

Die Angaben des Schmelzpunktes schwanken also zwischen  $38$  und  $41^{\circ}$  C., die des Erstarrungspunktes zwischen  $37$  und  $50^{\circ}$  C.

Ich fand den Schmelzpunkt des im Frühjahr frisch ausgelassenen Hammeltalgs bei zwei Proben =  $47^{\circ}$  C., dieselben wurden jedoch erst bei  $49^{\circ}$  ganz durchsichtig. Wenn ich den völlig klar geschmolzenen Talg der ruhigen Abküh-

lung überliefs, so wurde er bei 37° C. ganz trübe und dickflüssig; die Temperatur sank dann noch bis auf 36° und stieg von da ab, während der noch weich salbenartige Talg immer fester wurde, auf 40 bis 41° C. — Wurde der eben erstarrte Talg längere Zeit bis auf oder eben über den Schmelzpunkt (also 47 bis 48° C.) erwärmt, so dafs er völlig dünnflüssig, aber noch nicht ganz durchsichtig war, so erstarrte er schon wieder bei 45 bis 46° C. ohne Temperatur-Erhöhung. Mit dem Alter wird der Hammeltalg härter und steigt sein Schmelzpunkt. Nach 6 Monaten schmolz eine der eben beschriebenen Sorten bei 47½° C. und erstarrte bei 36½°. Die Temperatur stieg von da ab während des Festerwerdens auf 41 bis 41½° C.

Eine dritte, vor 10 Monaten im Herbst ausgeschmolzene Sorte war noch härter. Sie schmolz erst bei 50½° C., war aber dabei noch etwas trübe und ward erst bei 52° C. ganz durchsichtig. Klar geschmolzen und dann wieder abgekühlt, ward diese Sorte bei 40° C. dickflüssig; die Temperatur sank noch bis 39½° C. und stieg dann wieder, während der weiche salbenförmige Talg allmählig fester wurde, auf 44 bis 45° C. Wurde der eben erstarrte Talg bei möglichst gelinder Wärme (50 bis 51°) wieder verflüssigt, so erstarrte er schon wieder bei 48 bis 49° ohne Temperatur-Erhöhung.

### 3. Schweineschmalz.

Nach Berzelius, Chateau u. A. schmilzt es bei 26 bis 31° C.; beim Erstarren erhöht sich die Temperatur etwas.

Nach Muspratt, Perutz u. A. schmilzt es bei 27° C.

Nach Schubarth gesteht es bei 26° C.

Zwei ganz reine, frische Sorten, welche im Sommer ausgelassen waren, zeigten mir einen Schmelzpunkt = 42° C.; eine dritte Sorte schmolz bei 41½°. Sie waren bei diesen Temperaturen aber noch trübe und wurden erst bei 48 bis 49° C. ganz durchsichtig, weshalb auch bei diesem Fett, wie beim Talg, der Moment des Durchsichtigwerdens nicht als Schmelzpunkt angenommen werden darf. Beim Erstar-

ren verhielten sich die drei Sorten ganz gleich. Waren sie völlig klar geschmolzen und überliefs ich sie dann der Abkühlung, so wurden sie erst bei 31 oder  $30\frac{1}{2}^{\circ}$  C. wieder dickflüssig und trübe, bei  $30^{\circ}$  salbenartig. Von da ab stieg die Temperatur beim weiteren Erstarren auf  $32^{\circ}$  C.

Auch das Schweineschmalz läßt sich noch bei einer anderen, dem Schmelzpunkt näheren Temperatur zum Erstarren bringen. Wird es durch gelindes Erwärmen bis eben über seinen Schmelzpunkt verflüssigt und dann der Abkühlung überlassen, so erstarrt es häufig schon bei 37 bis  $38^{\circ}$  ohne Temperatur-Erhöhung.

Das durch den Handel bezogene Schweineschmalz ist häufig sehr weich und nicht rein. Zwei solche von mir untersuchte Sorten schmolzen bei  $37^{\circ}$  C. und erstarrten erst bei  $26^{\circ}$ . Während des Erstarrens stieg die Temperatur auf  $28^{\circ}$  C.

Das geschmolzene Schweineschmalz erstarrt sehr langsam und gewinnt erst nach längerer Zeit seine natürliche Festigkeit wieder, worauf ich schon oben aufmerksam machte.

#### 4. Butter.

Es finden sich wenige Angaben über das Verhalten der Butter beim Schmelzen und Erstarren.

Nach Schubarth schmilzt sie bei  $40^{\circ}$ , nach Anderen bei  $36^{\circ}$  C. Chevreul untersuchte eine Sorte, welche bei  $26\frac{1}{2}^{\circ}$  erstarrte und sich dann auf  $32^{\circ}$  C. erwärmte.

Ich fand den Schmelzpunkt der frisch bereiteten Sommerbutter = 31 bis  $32\frac{1}{2}^{\circ}$  C. bei drei Sorten. Nach dem Klarschmelzen abgekühlt, erstarrten zwei Sorten bei  $19^{\circ}$ , die dritte bei  $20^{\circ}$ ; während des Erstarrens stieg die Temperatur um einen halben Grad, also auf resp.  $19\frac{1}{2}^{\circ}$  und  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ . Wurde die eben erstarrte Butter einige Zeit bis eben über den Schmelzpunkt erwärmt, so dafs sie völlig flüssig, obwohl noch nicht ganz durchsichtig war, dann blieb sie bis 21 oder  $23^{\circ}$  klar. Bei diesen Temperaturgraden fing sie an zu erstarren und erhöhte sich die Temperatur dabei wieder um einen halben Grad, also bis resp.  $21\frac{1}{2}^{\circ}$  und  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Eine vierte Probe (frische Falsbutter) schmolz bei  $32\frac{1}{2}^{\circ}$  C. blieb beim Abkühlen bis  $24^{\circ}$  klar, fing alsdann an zu erstarren, wobei die Temperatur auf  $25\frac{1}{2}^{\circ}$  sich erhöhte.

#### 5. Japan-Wachs.

Nach Liebig schmilzt es bei  $40^{\circ}$  R. und erstarrt bei  $34^{\circ}$ .

Nach Wöhler, Bolley u. A. schmilzt es bei  $42^{\circ}$  C.  
und erstarrt bei  $40^{\circ}$  C.

Nach Oppermann schmilzt es bei 48 bis  $50^{\circ}$  C.  
und erstarrt bei  $42\frac{1}{2}^{\circ}$  C.

Hanbury fand den Schmelzpunkt = 53 bis  $55^{\circ}$  C.

Ich habe 18 Proben, sowohl Japan-Wachs in Blöcken als in Kuchen, und nachweislich sehr verschiedenen Alters untersucht, und nur sehr geringe Abweichungen hinsichtlich des Schmelz- und Erstarrungspunktes gefunden. Die älteren (länger im Handel befindlichen) waren etwas schwerer schmelzbar und erstarrten in etwas höherer Temperatur als die frischeren Sorten. Der Schmelzpunkt wechselte zwischen  $53\frac{1}{2}$  und  $54\frac{1}{2}^{\circ}$  C. Bei der Abkühlung der klar geschmolzenen Proben begann das Erstarren bei  $40\frac{1}{2}$  bis  $41^{\circ}$  C.: von da ab stieg, bei weiterem Erhärten des Fettes, die Temperatur wieder auf  $45\frac{1}{2}$  bis  $46^{\circ}$  C. Wenn aber das eben erstarrte Wachs in möglichst gelinder Wärme wieder geschmolzen ward, so dafs es eine klare, fast syrupartige Flüssigkeit darstellte, so erstarrte es während des Abkühlens in der Regel schon wieder bei 46 bis  $47^{\circ}$ , mitunter schon bei  $49^{\circ}$ , und stieg die Temperatur dann beim Erstarren auf 50 bis  $51^{\circ}$  C. Das Japan-Wachs wird beim Erwärmen schon bei  $42^{\circ}$ , also weit unter dem Schmelzpunkt durchsichtig, und bleibt, wenn es geschmolzen und wieder abgekühlt wird, bis kurz vor dem Erstarren ebenfalls ganz durchsichtig; man kann deshalb seinen Schmelzpunkt nicht nach den Methoden bestimmen, welche das Durchsichtigwerden als Moment des Schmelzens annehmen.

#### 6. Cacaobutter.

Während Berzelius den Schmelzpunkt dieses Fettes auffallend hoch, nämlich bei  $50^{\circ}$  C. angiebt, schmilzt die

reine Cacaobutter nach Angaben anderer Beobachter bei  $29^{\circ}$  C. und erstarrt bei  $23^{\circ}$ . Weniger reine soll bei  $25^{\circ}$  schmelzen und bei  $21^{\circ}$  erstarren.

Ich fand drei zuverlässig reine Sorten, von welchen ich zwei selbst hatte auspressen lassen, fast ganz übereinstimmend. Sie schmolzen bei  $33\frac{1}{2}$  bis  $34^{\circ}$  C. Nach dem Klar-schmelzen der Abkühlung überlassen, blieben sie bis  $21^{\circ}$  durchsichtig. Die Temperatur sank dann noch einen halben Grad, also bis  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ , wobei die Proben allmählig fest wurden, während die Temperatur langsam auf  $27$  bis  $28^{\circ}$  stieg; unter bisweiligem Umrühren schneller auf  $29$  bis  $29\frac{1}{2}^{\circ}$  C. Wenn die eben erstarrte Cacaobutter bei möglichst gelinder Wärme wieder verflüssigt war, so erstarrte sie in der Regel bei  $26^{\circ}$ , mitunter schon bei  $29^{\circ}$ ; in beiden Fällen erhöhte sich die Temperatur während des Erstarrens auf  $30\frac{1}{2}$  bis  $31^{\circ}$  C.

#### 7. Cocosöl.

Der Schmelzpunkt wird von verschiedenen Beobachtern übereinstimmend  $= 20^{\circ}$  C. angegeben. Nach Liebig erstarrt es bei  $18^{\circ}$ .

Drei Proben, welche ich untersuchte, schmolzen bei  $24^{\circ}$  C. Zwei von ihnen erstarrten bei  $20^{\circ}$ , die dritte bei  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ . Die Temperatur stieg während des Erstarrens auf  $22$  bis  $23^{\circ}$ . Mitunter läßt sich das Cocosöl auch schon bei  $22^{\circ}$  zum Erstarren bringen; es erwärmt sich dann ebenfalls bis  $23^{\circ}$ .

#### 8. Palmöl.

Nach Liebig und Pelouze schmilzt das frische Palmöl bei  $27^{\circ}$ , nach Payen bei  $27$  bis  $29^{\circ}$ .

Altes soll nach mehreren Angaben zwischen  $32$  und  $37^{\circ}$  schmelzen. Nach Graßmann wird es bei  $37\frac{1}{2}^{\circ}$  dickflüssig und erstarrt bei  $34^{\circ}$ . Pohl fand den Schmelzpunkt bei zwei frischen Sorten im Mittel  $=$  resp.  $34\frac{1}{2}$  und  $35^{\circ}$ , bei einer dritten  $= 24,8^{\circ}$ , bei zwei älteren Sorten  $= 42,2^{\circ}$  und  $41,1^{\circ}$ .

Den höchsten Wärmegrad giebt Ure für den Schmelzpunkt an, nämlich  $47\frac{1}{2}^{\circ}$  C.



Die Angaben des Schmelzpunktes schwanken also zwischen  $27$  und  $47\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Das Palmöl kommt in der That von sehr verschiedener Beschaffenheit in den Handel und scheint mit dem Alter eine zunehmende Festigkeit zu gewinnen, doch auch augenscheinlich frischere Sorten zeigen nicht das gleiche Verhalten, welches wohl noch durch andere Ursachen bedingt wird. Die vier Proben, welche ich untersuchte, verhielten sich wie folgt:

Eine ganz frisch importirte Sorte schmolz bei  $30^{\circ}$  C. Klargeschmolzen und abgekühlt, blieb sie bis  $21^{\circ}$  flüssig, erstarrte dann sehr langsam, wobei die Temperatur um einen halben Grad, also bis  $21\frac{1}{2}^{\circ}$  stieg. Es gelang mir nicht, sie bei einer höheren Temperatur zum Erstarren zu bringen.

Eine zweite frische Probe, von Farbe und Geruch der ersten gleich, schmolz bei  $38^{\circ}$  C. und fing bei  $24^{\circ}$  an zu erstarren, wobei die Temperatur um einen Grad also auf  $25^{\circ}$  stieg.

Eine dritte Probe, von gleicher äußerer Beschaffenheit, schmolz bei  $41^{\circ}$  und erstarrte bei  $28^{\circ}$  C., die Temperatur stieg dabei auf  $29$  bis  $29\frac{1}{2}^{\circ}$ . Eben erstarrt und dann in möglichst gelinder Wärme wieder verflüssigt, ward diese Probe schon bei  $37$  oder  $38^{\circ}$  wieder fest, wobei keine Erhöhung der Temperatur eintrat. Eine vierte Probe (von älterem Oel) schmolz bei  $42^{\circ}$  C. Nach dem Klarschmelzen der Abkühlung überlassen, fing sie bei  $38^{\circ}$  an zu erstarren; die Temperatur erhöhte sich alsdann auf  $39\frac{1}{2}^{\circ}$ . Wurde das eben erstarrte Oel durch gelindes Erwärmen bis eben über den Schmelzpunkt wieder verflüssigt, so gestand es schon wieder bei  $41\frac{1}{2}^{\circ}$  ohne Temperatur-Erhöhung.

#### 9. Muscatbutter.

Das Verhalten des Fettes der Muscatnufs beim Schmelzen und Erstarren scheint bisher wenig beobachtet zu seyn. Ich habe keine Angaben darüber gefunden. Zwei Proben, welche ich untersuchte, schmolzen bei  $43\frac{1}{2}^{\circ}$ , eine dritte bei  $44^{\circ}$  C., sie wurden aber erst bei  $48^{\circ}$  ganz durchsichtig. —

Bis zur Durchsichtigkeit geschmolzen und der Abkühlung überlassen, bleiben sie klar, bis die Temperatur auf  $33^{\circ}$  gesunken war. Alsdann trat Erstarrung ein, wobei das Fett ziemlich schnell fest wurde und die Temperatur sich auf  $41\frac{1}{2}$  bis  $42^{\circ}$ , also bis fast auf den Schmelzpunkt erhöhte. Wird die eben erstarrte Muscatbutter in möglichst gelinder Wärme wieder verflüssigt, so erstarrt sie schon wieder bei  $42\frac{1}{2}^{\circ}$  ohne Erhöhung der Temperatur.

Hiermit schließt die Reihe der von mir untersuchten eigentlichen Fette. Ich füge nun noch Einiges über das Verhalten des Bienenwachses und des Wallraths, als fett ähnlicher Substanzen, hinzu.

Gelbes Bienenwachs.

Nach Bolley, Dulk, Pouillet schmilzt es bei  $61^{\circ}$  C.

» Person . . . . . bei  $61,8^{\circ}$

» dem Handwörterbuch d. Chemie von

Liebig u. Wöhler . . . . . bei  $62$  bis  $63^{\circ}$

Nach Bauer . . . . . bei  $64^{\circ}$ .

Die Angaben schwanken also zwischen  $61$  und  $64^{\circ}$ . Nach den Versuchen, welche ich mit drei Proben anstellte, schmilzt das gelbe Wachs bei  $62$  bis  $62\frac{1}{2}^{\circ}$  C. Gleich unter dem Schmelzpunkt wird es trübe und das Erstarren beginnt. Die Temperatur sinkt dabei allmählig und hält sich längere Zeit auf  $61\frac{1}{2}^{\circ}$ , bis das Wachs ganz salbehartig geworden ist. Eine nachfolgende Temperatur-Erhöhung findet beim Erstarren nicht statt.

Gebleichtes Bienenwachs.

Es schmilzt nach Saussure . . . . . bei  $63^{\circ}$  C.

nach dem Handwörterbuch d. Chemie von

Liebig u. Wöhler . . . . . bei  $63$  bis  $64^{\circ}$

nach Chateau . . . . . bei  $63$  bis  $65^{\circ}$

» Bolley . . . . . bei  $64$  bis  $66^{\circ}$

» Berzelius . . . . . bei  $68^{\circ}$

» Dulk . . . . . bei  $55^{\circ}$  R.

» Liebig schmilzt es bei  $70^{\circ}$  und erstarrt bei  $65^{\circ}$  C.

Die Angaben schwanken also zwischen  $63$  und  $70^{\circ}$  C.

Nach meinen Beobachtungen an vier Sorten käuflichen weissen Waxes schmilzt es bei 63 bis  $63\frac{1}{2}^{\circ}$  C. Gleich unter dem Schmelzpunkt wird es trübe und beginnt zu erstarren. Die Temperatur sinkt und hält sich lange auf  $62\frac{1}{2}^{\circ}$ , bis das Wachs durch seine ganze Masse eine salbenartige Consistenz angenommen hat. Eine Temperatur-Erhöhung findet beim Erstarren nicht statt.

## Wallrath.

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Es schmilzt nach Person . . . . .     | bei $42,7^{\circ}$ C.   |
| nach Chateau, Schubarth u. A. . . . . | bei $45^{\circ}$        |
| » Berzelius . . . . .                 | bei $44,7^{\circ}$      |
| » Liebig, Bolley u. A. . . . .        | bei 44 bis $45^{\circ}$ |
| » Bunsen . . . . .                    | bei $47,7^{\circ}$      |
| » Pouillet, Müller u. A. . . . .      | bei $49^{\circ}$        |
| » Dulk . . . . .                      | bei $50^{\circ}$ .      |

Die Angaben bewegen sich also zwischen 42,7 und  $50^{\circ}$  als Gränzpunkte.

Zwei erst kurz vorher importirte Sorten schmolzen mir bei resp. 44 und  $44\frac{1}{2}^{\circ}$  C. Zwei ältere, welche den gewöhnlichen, etwas ranzigen Geruch des Wallraths besaßen, schmolzen ebenfalls bei  $44\frac{1}{2}^{\circ}$ . Das Erstarren begann bei allen gleich unter dem Schmelzpunkt. Die Temperatur sinkt dabei auf  $43\frac{1}{2}$  bis  $43^{\circ}$ . Auf dieser Höhe hält sie sich längere Zeit und nimmt erst weiter ab, wenn die ganze Probe erstarrt ist. Wie beim Wachs liegen also Schmelz- und Erstarrungspunkt neben einander, und eine Erhöhung der Temperatur findet beim Erstarren nicht statt.

Nachdem ich somit das Verhalten der bekannteren unter den Fetten, so wie des Waxes und Wallraths, beim Schmelzen und Erstarren beschrieben, und die Schlüsse, welche ich glaube aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ziehen zu dürfen, bereits angegeben habe, füge ich noch eine übersichtliche Zusammenstellung der gefundenen Schmelztemperaturen und derjenigen Erstarrungstemperaturen hinzu, welche die betreffenden Substanzen unter gewöhnlichen Umständen immer zeigen.

*Rindertalg*

frischer schmilzt bei  $43^{\circ}$  C., erstarrt bei  $33^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf 36 bis  $37^{\circ}$

älterer schmilzt bei  $43\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei  $34^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $38^{\circ}$

*Hammeltalg*

frischer schmilzt bei  $47^{\circ}$  C., erstarrt bei  $36^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf 40 bis  $41^{\circ}$

alter schmilzt bei  $50\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei  $39\frac{1}{2}^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf 44 bis  $45^{\circ}$

*Schweineschmalz* schmilzt bei  $41\frac{1}{2}$  bis  $42^{\circ}$  C. und erstarrt bei  $30^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $32^{\circ}$

*Butter*

frische schmilzt bei 31 bis  $31\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei 19 bis  $20^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $19\frac{1}{2}$  bis  $20\frac{1}{2}^{\circ}$

Falsbutter schmilzt bei  $32\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei  $24^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $25\frac{1}{2}^{\circ}$

*Japan-Wachs* schmilzt bei  $53\frac{1}{2}$  bis  $54\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei  $40\frac{1}{2}$  bis  $41^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $45\frac{1}{2}$  bis  $46^{\circ}$

*Cacaobutter* schmilzt bei  $33\frac{1}{2}$  bis  $34^{\circ}$  C., erstarrt bei  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf 27 bis  $29\frac{1}{2}^{\circ}$

*Cocosöl* schmilzt bei  $24\frac{1}{2}^{\circ}$  C., erstarrt bei 20 bis  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf 22 bis  $23^{\circ}$

*Palmöl*

frisches, weiches, schmilzt bei  $30^{\circ}$  C., erstarrt bei  $21^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $21\frac{1}{2}^{\circ}$

frisches, härteres, schmilzt bei  $38^{\circ}$  C., erstarrt bei  $24^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $25^{\circ}$

altes schmilzt bei  $42^{\circ}$  C., erstarrt bei  $38^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $39\frac{1}{2}^{\circ}$

*Muscatbutter* schmilzt bei  $43\frac{1}{2}$  bis  $44^{\circ}$  C., erstarrt bei  $33^{\circ}$ , erwärmt sich dabei auf  $41\frac{1}{2}$  bis  $42^{\circ}$

*Bienenwachs*

gelbes schmilzt bei 62 bis 62 $\frac{1}{2}$ ° C. erstarrt gleich unter dem Schmelzpunkt ohne Erwärmung,

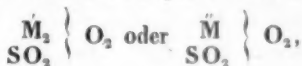
weißes schmilzt bei 63 bis 63 $\frac{1}{2}$ ° C. erstarrt gleich unter dem Schmelzpunkt ohne Erwärmung,

*Wallrath* schmilzt bei 44 bis 44 $\frac{1}{2}$ ° C., erstarrt gleich unter dem Schmelzpunkt ohne Erwärmung.

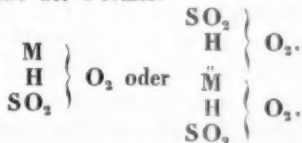
Hamburg, November 1867.

# VI. Ueber die sauren und übersauren Salze der Schwefelsäure; von Carl Schultx in Berlin.<sup>1)</sup>

Die Schwefelsäure bildet, als dihydrische Säure betrachtet, verschiedene einfache Salze, normale und saure, indem entweder der gesammte typische Wasserstoff oder nur die Hälfte desselben in dem Säuremolecul durch Metall ersetzt wird. Die normalen Salze entsprechen hiernach der Formel:



die sauren Salze der Formel:



Die Schwefelsäure bildet aber, wie ich gefunden habe, auch Salze, in welchen weniger als die Hälfte des typischen Wasserstoffs der Säure durch Metall vertreten ist, Salze von der Zusammensetzung:  $\overset{M}{\text{H}}_3(\text{SO}_4)_2$  und  $\overset{M}{\text{H}}_6(\text{SO}_4)_4$ . Diese Verbindungen können aber, wenn die Schwefelsäure als dihydrisch angenommen wird, nicht einfache Salze seyn, son-

1) Die Untersuchung wurde im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus in Berlin ausgeführt.

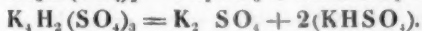
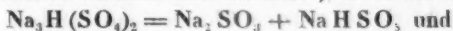
dern sind anzusehen als Doppelverbindungen, am besten wie mir scheint, als Doppelverbindungen des sauren Salzes mit dem Säurehydrat.  $MH_3(SO_4)_2 = MHSO_4 + H_2SO_4$ .

Aehnliche Verbindungen, welche bekanntlich als über-saure Salze bezeichnet werden, sind für einige andere Säuren schon dargestellt worden, z. B. für den monohydrischen Fluorwasserstoff, sowie auch für die, gleich der Schwefelsäure, als dihydrisch betrachtete selenige Säure und die Tellursäure. Für die Schwefelsäure sind bisher solche über-saure Salze nicht bekannt; da sich diese Salze aber wohl charakterisirt im krystallisirten Zustande darstellen lassen, so bietet eine genauere Erkenntniß derselben wohl einiges Interesse, um so mehr, als die Schwefelsäuresalze übrigens, wegen ihrer Verbreitung und vielfachen Anwendung, zu den am genauesten erforschten und gekannten Verbindungen gehören.

Die normalen Salze der Schwefelsäure werden zum größten Theil aus wäßrigen Lösungen wasserhaltig oder wasserfrei krystallisirt erhalten. Beim Krystallisiren aus Lösungen, welche zugleich Schwefelsäurehydrat enthalten, nehmen die Sulphate im Allgemeinen weniger Wasser auf als aus reinen wäßrigen Lösungen. Aus siedender Schwefelsäure scheiden sich, beim Concentriren, das diatome Eisen-sulphat, das Chromsulphat als wasserfreie Salze ab; beim Verdampfen ihrer Lösung in Schwefelsäurehydrat habe ich die Sulphate von Calcium, Barium, Strontium, Blei, Kupfer, Quecksilber wasserfrei in Krystallen abgeschieden erhalten.

Von sauren Salzen der Schwefelsäure sind bis jetzt nur wenige bekannt, nämlich die des Kalium, Natrium, Ammonium, Barium, Calcium, Magnesium. Ich habe die sauren Salze von einer Anzahl anderer Metalle dargestellt, von Lithium, Silber, Strontium, Blei, Mangan. Die sauren Salze scheiden sich aus Lösungen der normalen Salze in mehr oder weniger concentrirter Schwefelsäure ab, und werden durch Wasser, wenigstens durch einen größeren Ueberschuß desselben, sämmtlich zerlegt.

Doppelverbindungen von saurem Salz und normalem Salz desselben Metalles sind bekannt<sup>1)</sup>, z. B. die Salze



Die übersauren Salze nun sind ähnliche Doppelverbindungen, Doppelverbindungen der sauren Salze mit dem Säurehydrat. Ich habe diese Verbindungen für eine Anzahl von Metallen, für Kalium, Natrium, Lithium, Silber, Calcium, Magnesium, Mangan dargestellt. Die übersauren Schwefelsäuresalze werden erhalten aus Auflösungen der normalen Salze, in bestimmter Menge, in mehr oder weniger concentrirter Schwefelsäure, und scheiden sich aus diesen Lösungen bei bestimmten Temperaturen aus. Die Salze ziehen Wasserdampf sehr begierig an und werden durch Wasser zerlegt, ebenso durch Alkohol und Aether. Es ist deshalb schwer, sie von anhangender Schwefelsäure gänzlich zu befreien, und zugleich vor Zerfließen zu schützen. Die Salze wurden zu diesem Zweck, nachdem sie aus der Flüssigkeit genommen waren, zwischen zwei starken Platten von verglühtem Porcellan, welche an einander gepresst werden konnten, in dünner Schicht ausgebreitet, und längere Zeit in einen durch Schwefelsäure ausgetrockneten Raum gelegt. Die Salze wurden zwar sämmtlich in krystallisirtem Zustande erhalten, aber eine Bestimmung ihrer Gestalt scheint wegen der Zerfließlichkeit unausführbar.

Die zu untersuchenden Salze wurden übrigens nach demselben Verfahren stets in mehreren Proben dargestellt und diese der Analyse unterworfen; dennoch fand sich meist, je nach der Beschaffenheit der Krystalle und der Consistenz der Mutterlauge, ein mehr oder minder großer Ueberschuss an Schwefelsäure (ber die, nach der wahrscheinlichen Zusammensetzung der Verbindung berechnete Menge).

Der Gehalt an Schwefelsäure wurde bei den in Wasser vollständig löslichen Salzen durch Fällung mittelst Chlorbarium als schwefelsaures Barium bestimmt; bei den theilweise unlöslichen Salzen, den Barium-, Strontium-, Bleisalzen wurde der lösliche Antheil der Schwefelsäure in derselben Weise,

1) H. Rose, Pogg. Ann. Bd. 82, S. 545.

der unlösliche Antheil aus dem ungelösten Rückstand bestimmt. Der Gehalt an Metall wurde, nach Fortschaffung des überschüssig zugesetzten Chlorbariums, alsdann einfach in der Form des Schwefelsäuresalzes ermittelt, das Silber aber wurde aus seinen Salzen vor der Fällung der Schwefelsäure als Chlorsilber abgeschieden. Der Gehalt an Wasserstoff wurde als Wasser direct mittelst Chlorcalcium bestimmt, indem eine Quantität der Substanz in einer Verbrennungsröhre hinter einer Schicht von schwachglühender Kalkerde und Magnesia durch Glühen zersetzt, und der Wasserdampf in einem gewogenen Chlorcalciumrohr aufgefangen wurde. — Ich will die gefundenen Verbindungen in der Reihenfolge beschreiben, das die verschiedenen Salze desselben Metalles nach einander aufgeführt werden.

Kaliumsalze.

1) *Saures Salz*  $\text{KHSO}_4$ . Dasselbe bildet sich bekanntlich aus aequivalenten Mengen von normalem Sulphat und von Schwefelsäurehydrat durch Zusammenschmelzen oder Auflösen in möglichst geringer Menge Wasser. Auch aus wässrigen Lösungen, welche mehrfach grössere Mengen von Schwefelsäurehydrat enthalten, habe ich stets dasselbe Salz ausgeschieden erhalten.

2) *Uebersaures, dreifach saures Salz*<sup>1)</sup>,  $\text{KH}_3(\text{SO}_4)_2 = \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Analyse I.* 1,077 Gr. des Salzes ergaben 0,380  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , und 2,166  $\text{BaSO}_4$ .

*II.* 1,365 Grm. des Salzes ergaben 0,479  $\text{K}_2\text{SO}_4$  und 2,763  $\text{BaSO}_4$ .

*III.* 1,254 Gr. des Salzes ergaben 0,152  $\text{H}_2\text{O}$ .

|                     |       | Berechnet:                   | Gefunden: |       |      |
|---------------------|-------|------------------------------|-----------|-------|------|
|                     |       | $\text{KH}_3(\text{SO}_4)_2$ | I.        | II.   | III. |
| K                   | = 39  | 16,67 Proc.                  | 15,81     | 15,73 | —    |
| 3H                  | = 3   | 1,28                         | —         | —     | 1,34 |
| 2(SO <sub>4</sub> ) | = 192 | 82,05                        | 82,77     | 83,31 | —    |
|                     | 234   | 100,00.                      |           |       |      |

1) Die Bezeichnung soll das Zahlenverhältniß der noch vorhandenen typischen Wasserstoffatome der Säure zu den durch Metall ersetzten angeben, die Zahl der letzteren = 1 gesetzt.



Das normale Salz schmilzt mit Schwefelsäurehydrat, im Verhältniß von 1 zu 3 Moleculen, leicht zusammen; die Masse erstarrt beim Abkühlen nicht, auch noch nicht bei  $-20^{\circ}$  (wenigstens in kleineren Gefäßen nicht). Enthält die geschmolzene Masse aber beträchtlich weniger als 3 Molecul Schwefelsäurehydrat gegen 1 Molecul Sulphat, so erstarrt sie nach einiger Zeit zu einem festen krystallinischen Kuchen, der von dem übersauren Salz gebildet ist, welches aber begreiflicherweise nicht vollkommen rein seyn kann. In abgesonderten Krystallen habe ich das Salz bis jetzt nur in der Weise darstellen können, dafs eine Lösung von 1 Thl. normalem Sulphat in weniger als 5 Thl. Schwefelsäurehydrat durch ein Körnchen der erstarrten Masse zum Krystallisiren gebracht wurde. Das Salz krystallisirt in langen farblosen glänzenden Prismen, welche bei etwa  $95^{\circ}$  schmelzen. Das geschmolzene Salz erstarrt auch bei starker Abkühlung nicht wieder, wird die Masse aber mit einem Krystall des Salzes berührt, so erstarrt sie plötzlich unter beträchtlicher Erwärmung; es wurde ein Steigen der Temperatur von  $24^{\circ}$  auf  $50^{\circ}$  beobachtet. Ein Krystall des normalen oder des sauren Kaliumsalzes, so wenig wie des analogen dreifach sauren Natriumsalzes, ruft die Krystallisation nicht hervor. Das Salz zeigt also die Erscheinung der Ueberschmelzung und der übersättigten Lösung innerhalb sehr weiter Temperaturgränzen.

Natriumsalze.

1) *Saures Salz*,  $\text{NaHSO}_4$ . Dasselbe wird bekanntlich aus äquivalenten Mengen von normalem Sulphat und Schwefelsäurehydrat durch Zusammenschmelzen oder Auflösen in wenig Wasser erhalten. Aus Lösungen, welche sehr viel mehr Schwefelsäurehydrat enthalten, habe ich dasselbe Salz erhalten.

2) *Uebersaures, dreifach saures Salz*,  $\text{NaH}_3(\text{SO}_4)_2$   
 $= \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

Analyse I. 1,477 Gr. des Salzes gaben 0,455  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  und 3,201  $\text{BaSO}_4$ .

II. 1,026 Gr. des Salzes gaben 0,318  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  und 2,215  $\text{BaSO}_4$ ,

III. 1,354 Gr. des Salzes gaben 0,172  $\text{H}_2\text{O}$ .

| Berechnet:         |                               |                | Gefunden: |       |      |
|--------------------|-------------------------------|----------------|-----------|-------|------|
|                    | $\text{NaH}_2(\text{SO}_4)_2$ |                | I.        | II.   | III. |
| Na                 | = 23                          | 10,55 Proc.    | 9,95      | 10,03 | —    |
| 3H                 | = 3                           | 1,38           | —         | —     | 1,41 |
| 2( $\text{SO}_4$ ) | = 192                         | 88,07          | 89,16     | 88,78 | —    |
|                    | <u>218</u>                    | <u>100,00.</u> |           |       |      |

Das Salz krystallisirt beim Erkalten aus einer Lösung von normalem Sulphat in Schwefelsäurehydrat, welche auf 7 Theile Schwefelsäure mehr als 1 Theil Sulphat enthält. Das Salz sieht dem analogen Kaliumsalz ähnlich, es schmilzt bei etwa  $100^\circ$ .

#### Lithiumsalze.

Saure Sulphate des Lithiums sind bisher nicht bekannt; nach C. Gmelin<sup>1)</sup> giebt das normale Salz mit Schwefelsäurehydrat abgedampft eine leicht schmelzbare Masse, aus deren Auflösung aber normales Salz erhalten wird.

1) *Saures Salz*,  $\text{LiHSO}_4$ .

Analyse I. 0,910 Gr. des Salzes gaben 0,465  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  und 2,046  $\text{BaSO}_4$ ,

II. 0,710 Gr. des Salzes gaben 0,371  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  und 1,601  $\text{BaSO}_4$ ,

III. 0,727 Gr. des Salzes gaben 0,064  $\text{H}_2\text{O}$ .

| Berechnet:    |                  |               | Gefunden: |       |      |
|---------------|------------------|---------------|-----------|-------|------|
|               | $\text{LiHSO}_4$ |               | I.        | II.   | III. |
| Li            | = 7              | 6,73 Proc.    | 6,50      | 6,65  | —    |
| H             | = 1              | 0,96          | —         | —     | 0,97 |
| $\text{SO}_4$ | = 96             | 92,31         | 92,52     | 92,81 | —    |
|               | <u>104.</u>      | <u>100,00</u> |           |       |      |

Das Salz wird erhalten aus einer Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäure von 1,6 bis 1,7 spec. Gewicht; aus verdünnterer Säure scheidet sich das normale Salz ab. Das saure Lithiumsulphat krystallisirt in Prismen, welche bei  $160^\circ$  schmelzen.

1) L. Gmelin, Handbuch der Chemie, Bd. 2.

2) *Uebersaures, zweifach saures Salz*,  $\text{Li}_2\text{H}_4(\text{SO}_4)_3$   
 $= 2(\text{LiHSO}_4) + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Analyse* I. 1,031 Gr. des Salzes gaben 0,348  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ,  
 und 2,363  $\text{BaSO}_4$ ,

II. 0,845 Gr. des Salzes gaben 0,286  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  und 1,946  
 $\text{BaSO}_4$ ,

III. 0,805 Gr. des Salzes gaben 0,101  $\text{H}_2\text{O}$ .

| Berechnet:          |  |            | Gefunden: |       |      |
|---------------------|--|------------|-----------|-------|------|
|                     | $\text{Li}_2\text{H}_4(\text{SO}_4)_3$ |            | I.        | II.   | III. |
| 2Li                 | = 14                                   | 4,57 Proc. | 4,29      | 4,31  | —    |
| 4H                  | = 4                                    | 1,31       | —         | —     | 1,39 |
| 3(SO <sub>4</sub> ) | = 288                                  | 94,12      | 94,26     | 94,77 | —    |
|                     | 306                                    | 100,00.    |           |       |      |

Das zweifach saure Salz scheidet sich aus einer Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäurehydrat ab, welche auf 4 Theile Schwefelsäurehydrat mehr als 1 Theil normales Salz enthält. Das Salz krystallisirt in großen dünnen Tafeln, welche oberhalb  $110^\circ$  schmelzen.

#### Silbersalze.

Das normale Salz krystallisirt bekanntlich aus wässriger Lösung in langen dünnen Nadeln, aus Salpetersäure-Lösung erhielt Mitscherlich dasselbe in ausgebildeten Krystallen. Aus einer Lösung in Schwefelsäure von weniger als 1,5 spec. Gew. erhält man das Salz, beim Erkalten der Lösung, in lockeren Blättchen ausgeschieden, welche aus aneinander gereihten kleinen Rhombenoctaëdern bestehen. Größer erhält man diese stark glänzenden, meist gelblichen Krystalle, reine Rhombenoctaëder, wenn man eine Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäurehydrat, 1 Theil Salz in 15 bis 20 Theilen Säure an der Luft allmählich sich verdünnen lässt<sup>1)</sup>. Neben den octaëdrischen Krystallen treten gewöhnlich einige langgestreckte Prismen auf.

#### 2. *Saures Salz*, $\text{AgHSO}_4$ .

1) Die Bildung dieser Krystalle ist schon von Pirwitz beobachtet (Handwörterbuch der Chemie von Liebig, Poggendorff und Wöhler Bd. 7, S. 566.)

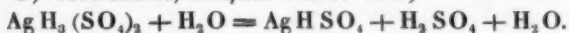
Analyse I. 1,069 Gr. des Salzes gaben 0,719 Ag Cl und 1,262 Ba SO<sub>4</sub>,

II. 0,886 Gr. des Salzes gaben 0,042 H<sub>2</sub> O.

| Berechnet:           |             | Gefunden: |      |
|----------------------|-------------|-----------|------|
| Ag H SO <sub>4</sub> |             | I.        | II.  |
| Ag = 108,3           | 52,75 Proc. | 50,60     | —    |
| H = 1                | 0,49 „      | —         | 0,52 |
| SO <sub>4</sub> = 96 | 46,76 „     | 48,62     | —    |
| 205,3                | 100,00.     |           |      |

Das saure Salz scheidet sich aus einer Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäurehydrat ab, welche auf ein Theil Sulphat weniger als 3 Theile Schwefelsäure enthält; schwefelsaures Silber ist von den untersuchten Salzen das in Schwefelsäurehydrat bei gewöhnlicher Temperatur am leichtesten lösliche Salz. Das saure Salz krystallisirt in Prismen, welche schwach gelblich gefärbt erscheinen.

3) *Uebersaures, dreifach saures Salz,*



Analyse I. 0,776 Gr. des Salzes ergaben 0,343 Ag Cl und 1,125 Ba SO<sub>4</sub>,

II. 0,894 Gr. des Salzes ergaben 0,398 Ag Cl und 1,313 Ba SO<sub>4</sub>,

III. 0,863 Gr. des Salzes ergaben 0,123 H<sub>2</sub> O,

IV. 0,787 Gr. des Salzes ergaben 0,113 H<sub>2</sub> O.

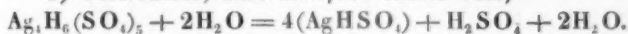
| Berechnet:   |             | Gefunden: |       |      |      |
|--|-------------|-----------|-------|------|------|
| Ag H <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O |             | I.        | II.   | III. | IV.  |
| Ag = 108,3   | 33,71 Proc. | 33,26     | 33,56 | —    | —    |
| 5 H <sup>1)</sup> = 5  | 1,55        | —         | —     | 1,59 | 1,60 |
| O = 16   | 4,98        | —         | —     | —    | —    |
| 2(SO <sub>4</sub> ) = 192  | 59,76       | 59,52     | 60,45 | —    | —    |
| 321,3  | 100,00.     |           |       |      |      |

Das dreifach saure Salz krystallisirt aus einer Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäure von 1,6 bis 1,7 spec. Gew., welche auf 1 Theil Sulphat 8 bis 10 Theile Säure enthält, in farblosen flachen Prismen. Lange grofse Prismen

1) Der ganze Wasserstoffgehalt der Verbindung ist zusammengekommen, weil er durch eine Bestimmung ermittelt wurde; der O des Krystallwassers erscheint deshalb gesondert aufgeführt.

des Salzes erhält man, wenn man eine Auflösung des normalen Salzes in Schwefelsäurehydrat, welche auf 1 Theil Sulphat 6 bis 10 Theile Schwefelsäure enthält, an der feuchten Luft der Verdünnung überläßt. Das Salz schmilzt theilweise bei 100°, vollständig flüssig wird es erst bei 150°. Das geschmolzene Salz erstarrt zu einer grofsblättrig krystallinischen Masse, welche sich nach mehreren Tagen, auch in einem zugeschmolzenen Gefäfs, in kleine flache glänzende Prismen verwandelt.

4) *Uebersaures, anderthalbfach saures Salz,*



*Analyse I.* 0,712 Gr. des Salzes gaben 0,424 Ag Cl und 0,898 Ba SO<sub>4</sub>,

*II.* 0,753 Gr. des Salzes gaben 0,450 Ag Cl und 0,938 Ba SO<sub>4</sub>,

*III.* 0,783 G. des Salzes gaben 0,072 H<sub>2</sub>O.

| Berechnet:   |              |             | Gefunden: |       |      |
|--|--------------|-------------|-----------|-------|------|
| $\text{Ag}_4\text{H}_6(\text{SO}_4)_5 + 2\text{H}_2\text{O}$ |              |             | I.        | II.   | III. |
| 4 Ag   | = 433,2      | 45,35 Proc. | 44,80     | 45,02 | —    |
| 10 H   | = 10         | 1,05        | —         | —     | 1,08 |
| 2 O  | = 32         | 3,35        | —         | —     | —    |
| 5(SO <sub>4</sub> )  | = 480        | 50,25       | 51,81     | 50,97 | —    |
|  | <u>955,2</u> | 100,00.     |           |       |      |

Löst man das normale Salz in Schwefelsäure von 1,75 spec. Gew. in reichlicher Menge, 1 Theil Sulphat in 4 bis 6 Theilen Säure, so erhält man beim Erkalten das anderthalbfach saure Salz in grofsen dünnen perlmutterglänzenden Blättchen.

Es scheint, dafs aus verschiedenen concentrirten Lösungen des normalen Sulphates in Schwefelsäure noch andere Salze ähnlicher Zusammensetzung sich ausscheiden, welche ich indessen bei wiederholter Darstellung nicht identisch wieder erhalten konnte.

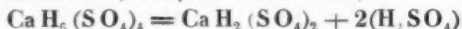
#### Calciumsalze.

1) *Saures Salz, Ca H<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.* Das Salz wird, nach Berzelius, durch Digestion des normalen Sulphates mit

Poggendorff's Annal. Bd. CXXXIII.

Schwefelsäurehydrat in mikroskopischen körnigen Krystallen erhalten.

2) *Uebersaures, dreifach saures Salz,*



Analyse I. \* 0,950 Gr. des Salzes gaben 0,283 Ca SO<sub>4</sub>, und 2,084 Ba SO<sub>4</sub>,

II. 1,042 Gr. des Salzes gaben 0,308 Ca SO<sub>4</sub> und 2,287 Ba SO<sub>4</sub>,

III. 0,897 Gr. des Salzes gaben 0,116 H<sub>2</sub> O.

| Berechnet:  |       |            | Gefunden: |       |      |
|---|-------|------------|-----------|-------|------|
| Ca H <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> |       |            | I.        | II.   | III  |
| Ca  | = 40  | 9,30 Proc. | 8,77      | 8,69  | —    |
| 6H  | = 6   | 1,40       | —         | —     | 1,45 |
| 4(SO <sub>4</sub> )                               | = 384 | 89,30      | 90,21     | 90,33 | —    |
|   | 430   | 100,00.    |           |       |      |

Siedendes Schwefelsäurehydrat löst das normale Sulphat in beträchtlicher Menge auf, 100 Theile Säure 10 Theile Sulphat, am besten, wenn das Salz allmählich in kleinen Portionen zugegeben wird. Beim Eindampfen setzt die gesättigte Lösung wasserfreies normales Salz in glänzenden körnigen Krystallen ab. Beim Erkalten aber erstarrt die gesättigte Lösung zu einer Masse von flachen seideglänzenden Prismen, dem dreifach sauren Salz. Das Salz schmilzt theilweise, wenig oberhalb 100° zu einer weissen breiigen Masse, welche wahrscheinlich das saure Salz enthält.

Bariumsalze.

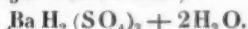
1) *Saures Salz* Ba H<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Das Salz wird, nach Berzelius, durch Digestion des normalen Salzes mit Schwefelsäurehydrat bei 100° erhalten.

Siedendes Schwefelsäurehydrat löst das normale Salz reichlich, 100 Theile Säure 11 bis 12 Theile Sulphat; beim Erkalten der gesättigten Lösung erfolgt keine Ausscheidung, während bei weiterem Eindampfen normales Salz in körnigen Krystallen sich absetzt. Das Auflösen geschieht schneller und in reichlicherer Menge, wenn frisch gefälltes Sulphat oder Kohlensäuresalz angewendet, und in kleinen Por-

tionen unter starkem Umrühren der Säure zugesetzt wird. Liès-Bodart und Jacquemin <sup>1)</sup> fanden vielleicht aus diesem Grunde die Löslichkeit des Calcium-, Barium- und Strontiumsulfates in Schwefelsäurehydrat so sehr viel geringer; sie geben an, daß das Baryumsulphat 45 Theile, das Calciumsulphat 40 Theile, das Strontiumsulphat 45 Theile Säure zur Lösung erfordert. Bei 100° löst sich das Baryumsulphat noch reichlicher in Schwefelsäurehydrat als bei Siedhitze, und eine bei dieser Temperatur gesättigte Lösung trübt sich beim Erhitzen unter Abscheidung eines weissen Pulvers.

Wird die Lösung mit überschüssigem Sulphat bei wenig erhöhter Temperatur digerirt, so scheidet sich saures Salz in sehr zarten glänzenden Prismen ab, die übrigbleibende Lösung enthält alsdann viel weniger Sulphat als sie vorher im gesättigten Zustand zu halten vermochte.

2) *Wasserhaltiges saures Salz,*



Das Salz wird, nach Berzelius, aus der Lösung des normalen Sulphates in Schwefelsäurehydrat beim allmählichen Verdünnen an feuchter Luft erhalten. Wird eine concentrirte Auflösung angewendet, so erstarrt sie in einem flachen Gefäß zu einem durchscheinenden Brei; das Salz krystallisirt in außerordentlich feinen, weichen, asbestartigen Prismen.

Strontiumsalze.

1) *Saures Salz, Sr H<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.*

Analyse I. 1,516 Gr. des Salzes gaben 0,964 Sr SO<sub>4</sub> und 1,307 Ba SO<sub>4</sub>,

II. 1,023 Gr. des Salzes gaben 0,104 H<sub>2</sub>O.

| Berechnet:                      |   |             | Gefunden: |      |
|---------------------------------|---|-------------|-----------|------|
|                                 | Sr H <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> |             | I.        | II.  |
| Sr                              | = 88  | 31,20 Proc. | 30,41     | —    |
| H <sub>2</sub>                  | = 2   | 0,71        | —         | 0,75 |
| (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | = 192   | 68,09       | 68,66     | —    |
|                                 | 282   | 100,00.     |           |      |

1) *Compt. rend.* 4. 46, p. 1206.

Schwefelsäurehydrat löst das normale Salz, in der Siedhitze nehmen 100 Theile Säure etwa 15 Theile Sulphat auf, bei 100° eine noch gröfsere Menge. Beim Erkalten der Lösung erfolgt keine Ausscheidung, beim Eindampfen der Lösung wird normales Sulphat in Krystallen abgeschieden. Wird die Lösung, bei wenig erhöhter Temperatur, mit überschüssigem Salz digerirt oder besser, schwefelsaures Kalium darin aufgelöst, so erhält man das saure Salz in körnigen Krystallen ausgeschieden. Die Krystalle schmelzen beim Erhitzen theilweise unter Zersetzung.

2) *Wasserhaltiges saures Salz*,  $\text{Sr H}_2(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Analyse I. 1,383 Gr. des Salzes gaben 0,840  $\text{Sr SO}_4$  und 1,102  $\text{Ba SO}_4$ .

II. 1,119 Gr. des Salzes gaben 0,140  $\text{H}_2\text{O}$ .

| Berechnet:  |            |                | Gefunden: |      |
|---|------------|----------------|-----------|------|
| $\text{Sr H}_2(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ |            |                | I.        | II.  |
| Sr  | = 88       | 29,34 Proc.    | 29,05     | —    |
| H <sub>4</sub>                                      | = 4        | 1,33           | —         | 1,38 |
| O   | = 16       | 5,33           | —         | —    |
| $(\text{SO}_4)_2$                                   | = 192      | 64,00          | 64,42     | —    |
|   | <u>300</u> | <u>100,00.</u> |           |      |

Das Salz wird beim allmählichen Verdünnen an der Luft aus der Lösung des normalen Sulphates in Schwefelsäurehydrat in kleinen glänzenden Blättchen erhalten.

#### Bleisalze.

Schwefelsäurehydrat löst das normale Salz in der Siedhitze, 100 Theile Säure etwa 6 Theile Sulphat; beim Erkalten der Lösung scheidet sich das normale Salz in glänzenden Blättchen theilweise wieder aus.

*Wasserhaltiges saures Salz*,  $\text{Pb H}_2(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Analyse I. 1,104 Gr. des Salzes gaben 0,779  $\text{Pb SO}_4$  und 0,664  $\text{Ba SO}_4$ ,

II. 0,796 Gr. des Salzes gaben 0,076  $\text{H}_2\text{O}$ .



| Berechnet:  |            |                | Gefunden: |      |
|---|------------|----------------|-----------|------|
| $\text{Pb H}_4(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ |            |                | I.        | II.  |
| Pb  | = 207      | 40,41 Proc.    | 48,13     | —    |
| 4 H   | = 4        | 9,95           | —         | 1,06 |
| O   | = 16       | 3,82           | —         | —    |
| $2(\text{SO}_4)$                                    | = 192      | 45,82          | 47,18     | —    |
|   | <u>419</u> | <u>100,00.</u> |           |      |

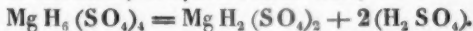
Das Salz scheidet sich beim Verdünnen an feuchter Luft aus der Lösung des normalen Salzes in Schwefelsäurehydrat aus; es sieht dem wasserhaltigen sauren Baryumsulphat sehr ähnlich.

#### Magnesiumsalze.

##### 1) *Saures Salz*, $\text{Mg H}_2(\text{SO}_4)_2$ .

H. Schiff<sup>1)</sup> erhielt dieses Salz aus der concentrirten Lösung des normalen Salzes in heißer concentrirter Schwefelsäure in tafelförmigen Krystallen. Nach meinen Versuchen ist in siedendem Schwefelsäurehydrat das normale Salz nur in sehr geringer Menge löslich, und scheidet sich aus der Lösung beim Erkalten als übersaures, dreifach saures Salz ab. Das saure Salz habe ich erhalten aus Schwefelsäure von etwa 1,7 spec. Gew., in welcher das normale Salz viel reichlicher löslich ist als in Schwefelsäurehydrat; es wird sowohl beim Erkalten als auch durch weiteres Eindampfen bei Siedhitze in prismatischen Krystallen abgeschieden. Die Krystalle sind nicht schmelzbar und verlieren beim Erhitzen Schwefelsäure.

##### 2) *Uebersaures, dreifach saures Salz*,



Analyse I. 0,866 Gr. des Salzes gaben 0,238 Mg SO<sub>4</sub> und 2,011 Ba SO<sub>4</sub>.

II. 0,640 Gr. des Salzes gaben 0,173 Mg SO<sub>4</sub> und 1,452 Ba SO<sub>4</sub>.

III. 0,787 Gr. des Salzes gaben 0,108 H<sub>2</sub> O.

1) Schiff, Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 106, S. 115.

| Berechnet:                      |       | Gefunden: |       |      |
|---------------------------------|-------|-----------|-------|------|
| $\text{Mg H}_2 (\text{SO}_4)_4$ |       | I.        | II.   | III. |
| Mg                              | = 24  | 5,80      | 5,37  | —    |
| H <sub>8</sub>                  | = 6   | 1,45      | —     | 1,52 |
| (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> | = 384 | 92,75     | 93,34 | —    |
|                                 | 414   | 100,00.   | 93,37 | —    |

Siedendes Schwefelsäurehydrat löst das normale Sulphat, 100 Theile Säure etwa 2 Theile Salz; aus der Auflösung scheidet sich beim Erkalten das dreifach saure Salz in kleinen flachen glänzenden Krystallen aus. Beim Erhitzen schmelzen die Krystalle theilweise, unter Zersetzung.

#### Mangansalze.

##### 1) *Saures Salz*, $\text{Mn H}_2 (\text{SO}_4)_2$ .

Analyse I. 1,231 Gr. des Salzes gaben 0,702  $\text{Mn SO}_4$  und 2,364  $\text{Ba SO}_4$ ,

II. 0,979 Gr. des Salzes gaben 0,085  $\text{H}_2 \text{O}$ .

| Berechnet:                      |       | Gefunden:   |       |
|---------------------------------|-------|-------------|-------|
| $\text{Mn H}_2 (\text{SO}_4)_2$ |       | I.          | II.   |
| Mn                              | = 54  | 21,77 Proc. | 20,55 |
| 2 H                             | = 2   | 0,81        | —     |
| 2 SO <sub>4</sub>               | = 192 | 77,42       | 79,05 |
|                                 | 248   | 100,00.     | —     |

Siedendes Schwefelsäurehydrat löst das normale Salz, 100 Theile Säure etwa 5 Theile Salz. Aus der siedendheiß gesättigten Lösung krystallisirt das Salz bei beginnender Abkühlung in langen asbestartigen Prismen, auch bei weiterem Eindampfen der Lösung wird es abgeschieden. Es ist schwer frei zu erhalten von dem übersauren Salz, welches sich bei niedrigerer Temperatur aus derselben Lösung bildet. Das Salz ist nicht schmelzbar und zersetzt sich beim Erhitzen.

##### 2) *Wasserhaltiges saures Salz*, $\text{Mn H}_2 (\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2 \text{O}$ .

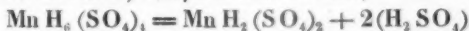
Analyse I. 1,424 Gr. des Salzes gaben 0,797  $\text{Mn SO}_4$  und 2,507  $\text{Ba SO}_4$ ,

II. 1,013 Gr des Salzes gaben 0,141  $\text{H}_2 \text{O}$ .

| Berechnet:  |            |                | Gefunden: |      |
|---|------------|----------------|-----------|------|
| $\text{Mn H}_2(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ |            |                | I.        | II.  |
| Mn  | = 54       | 20,30 Proc.    | 20,22     | —    |
| 4H  | = 4        | 1,50           | —         | 1,54 |
| O   | = 16       | 6,02           | —         | —    |
| 2(SO <sub>4</sub> )                                 | = 192      | 72,18          | 72,46     | —    |
|   | <u>266</u> | <u>100,00.</u> |           |      |

Das normale Sulphat löst sich in Schwefelsäure von 1,6 spec. Gewicht in reichlicher Menge; aus der Lösung scheidet sich beim Erkalten das saure Salz in großen dünnen perlmutterglänzenden Blättchen aus.

2) *Uebersaures, dreifach saures Salz,*



Analyse I. 1,374 Gr. des Salzes gaben 0,467 Mn SO<sub>4</sub> und 2,873 Ba SO<sub>4</sub>,

II. 1,029 Gr. des Salzes gaben 0,133 H<sub>2</sub>O.

| Berechnet:                     |            |                | Gefunden: |      |
|--------------------------------|------------|----------------|-----------|------|
| $\text{Mn H}_6(\text{SO}_4)_4$ |            |                | I.        | II.  |
| Mn                             | = 54       | 12,16 Proc.    | 12,22     | —    |
| 6H                             | = 6        | 1,35           | —         | 1,43 |
| 4(SO <sub>4</sub> )            | = 384      | 86,49          | 86,68     | —    |
|                                | <u>444</u> | <u>100,00.</u> |           |      |

Das Salz scheidet sich aus der Lösung des normalen Sulphats in Schwefelsäurehydrat bei niedriger Temperatur (unter 100°) in kleinen Krystallblättchen aus. Beim Erhitzen schmilzt das Salz theilweise und zersetzt sich.

#### Kupfersalze.

Das normale Kupfersulphat ist in siedendem Schwefelsäurehydrat nur in sehr geringer Menge löslich; die Lösung giebt beim Eindampfen sowie beim Erkalten farblose Krystallblättchen des wasserfreien normalen Salzes. Das saure Salz, welches sich aus einer bei Siedhitze nicht gesättigten Lösung in Schwefelsäurehydrat bei niedriger Temperatur abzusetzen scheint, habe ich nicht in genügender Reinheit darzustellen vermocht.

Das Verhalten der untersuchten Sulphate gegen die Schwefelsäure läßt sich in Folgendem zusammenfassen: Aus der Lösung in Schwefelsäurehydrat scheiden sich ab, bei niedriger Temperatur, als übersaure Salze: Kalium-, Natrium-, Lithium-, Calcium-, Magnesium-, Mangan-Sulphat; als saure Salze: Silber-, Barium-, Strontium-Sulphat, und, bei hoher Temperatur, Magnesium- und Mangan-Sulphat; als normale Salze, bei hoher Temperatur: Calcium-, Barium-, Strontium-, Blei-, Kupfer-Sulphat. Aus verdünnterer Schwefelsäure, als übersaures Salz: Silber-Sulphat; als saures Salz: Kalium-, Natrium-, Lithium-, Magnesium-, Mangan-Sulphat und, aus einer allmählich verdünnten Lösung in concentrirter Schwefelsäure, Barium-, Strontium-, Blei-Sulphat.

## VII. *Ueber einige Vorgänge bei Entladung der Leydener Flasche; von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. Nov. 1867).

Im Laufe meiner häufigen Beschäftigung mit der Holtz'schen Maschine habe ich Gelegenheit gehabt, verschiedene bisher wenig oder gar nicht beobachtete Vorgänge bei Entladung der Leydener Flasche wahrzunehmen, die, wenn sie auch meistens für die Theorie keine große Bedeutung haben mögen, doch an sich von Interesse sind, und jedenfalls zur Vervollständigung unserer Kenntnisse von dem Entladungsproceß einen Beitrag liefern. Ich will mir daher erlauben, diese Erscheinungen successive zu beschreiben, und zwar zunächst diejenige, welche sich mir am frühesten darbot.

Die Beobachtung derselben wurde veranlaßt durch die Leydener Flasche, welche Hr. Holtz ursprünglich seiner Maschine beigab. Diese Flasche hat bekanntlich die Gestalt einer Röhre, die an einem Ende verschlossen ist und in der Nähe dieses Endes zwei Stanniolbelege trägt, einen auswen-

dig und einen inwendig, von welchem letzteren ein Stanniolstreif zum offenen Ende der Röhre geführt und nach aufsen umgebogen ist, um so, wenn man die Röhre quer auf die Elektroden der Maschine legt, beide Belege mit denselben in Berührung zu setzen.

Als ich diese Flasche ihrer Bestimmung gemäß verwandte, bemerkte ich, sobald es finster war, daß jedesmal, wenn sie sich zwischen den Elektroden in Funken entlud, in dem verschlossenen Theil der Röhre ein helles Licht erschien, welches von den Belegen ausging.

Dieselbe Erscheinung gewährte ich bald hernach an der *doppelten Röhrenflasche*, die ich statt der einfachen einführte. Alle vier Belege derselben, welche paarweise einander gegenüberstehen, und von denen die inneren durch einen Stanniolstreif verbunden sind, wurden bei Entladung der Flasche an ihren Rändern leuchtend.

Auch die *evacuirte Doppelflasche*, bei welcher keine Belege einander gegenüberstehen, da die eingeschlossene, stark verdünnte Luft die Stelle der inneren Belege und deren Verbindung vertritt, ließ an ihren beiden äußeren Belegen das Lichtphänomen zwar weniger deutlich, aber doch unverkennbar wahrnehmen. Nur das Licht, welches bekanntlich bei jeder Entladung das ganze Innere dieser Röhre erfüllt, störte die Beobachtung des an den Belegen auftretenden.

Ich untersuchte nun Flaschen von der gewöhnlichen Form, die ich im Finstern an der Maschine lud und entlud, nachdem ich die Pole mit einer Trommel von Horn Gummi umgeben hatte, um nicht durch die Helligkeit der Entladungsfunken geblendet zu werden.

Alle ohne Ausnahme zeigten die leuchtende Rand-Erscheinung, sowohl an dem inneren, als an dem äußeren Belege. Ebenso verhielten sich belegte Tafeln, sie mochten aus Glas oder Horn Gummi bestehen, mochten auf ihren unbelegten Rändern gefirnist seyn oder nicht.

Diese Erscheinung ist meines Wissens in neuerer Zeit nicht besprochen worden; allein Prof. Riefs, dem ich dieselbe vor ungefähr einem Jahre zeigte, machte mich kurz

hernach mit einer auf sie hindeutenden älteren Angabe bekannt. Dieselbe findet sich in Saxtorph's Elektricitätslehre, übersetzt von B. Fangel, (Kopenhagen 1803) Bd. I, S. 343, und lautet folgendermaassen:

»Entladet man ein recht voll geladenes Glas im Dunkeln, so findet man am unbelegten Theile des Glases eine Menge Lichtströme, die sich vom Rande desselben in die Belegung herab auszugiefsen scheinen. Diese Leuchtung rührt von einem Theile Elektricität her, der im unbelegten Rande des Glases vertheilt ist, und sich bei der Entladung wieder mit der *entgegengesetzten* Elektricität in der zunächst liegenden Belegung sättigt. Um diese Ströme recht deutlich zu sehen, mufs man das Glas, ehe die Entladung vorgenommen wird, in einiger Zeit ziemlich voll geladen halten, indem man ihr (ihm?) stets so viel Elektricität mittheilt, als sie (es?) in die Luft ausströmen kann.«

Es leidet wohl wenig Zweifel, dafs hier von demselben Phänomen die Rede ist, welches mich beschäftigt hatte; allein dennoch habe ich geglaubt, mich nicht dadurch bestimmen zu lassen, von der Veröffentlichung meiner Versuche Abstand zu nehmen.

Denn erstlich hat Saxtorph, wie ich sogleich zeigen werde, das Phänomen nur unvollständig gekannt, und zweitens kommt auch seine Erklärung, wenn ich sie recht verstehe, nicht mit der Wirklichkeit überein.

Es ist durchaus nicht nöthig, dafs das Glas, wie S. sich ausdrückt, recht voll geladen sey, oder vor der Entladung längere Zeit voll geladen gestanden haben müsse. Ich habe das Phänomen bei den allerschwächsten Ladungen, bei Schlagweiten von kaum einer halben Linie, deutlich wahrgenommen, obgleich die Lichtfransen, welche den Rand der Belegung umsäumten, fast auf Lichtpunkte zusammengeschrumpft waren. Ich habe dies auch nicht blofs einmal gesehen, sondern in ununterbrochener Folge, wohl 20 bis 30 Mal in der Minute, so lange als ich den Procefs der Ladung und Entladung unterhielt. Aber freilich ist dies Alles nur bei Anwendung einer Holtz'schen Maschine zu beob-

achten, besonders wenn man sich gegen das blendende Licht der Entladungsfunken hinreichend in Schutz gestellt hat.

Bei starken Ladungen, bei welchen die Lichtfransen nicht mehr einfache Linien darstellen, sondern sich abwärts von der Belegung gabelförmig verästeln und eine Länge von mehr als einen Zoll erreichen, ist gänzliche Dunkelheit nicht mehr unumgänglich. Man sieht einzelne Fransen selbst bei vollem Tageslicht. Doch erscheint auch dann das Phänomen im Dunklen viel ausgebildeter.

Es ist nicht bloß der Rand der Belegung, welche diese Licht-Erscheinung zeigt. Jede schadhafte Stelle mitten in dem Belege, durch welche die Glasfläche der Flasche entblößt ist, wird ebenfalls bei der Entladung leuchtend.

Nicht alle Flaschen zeigen das Phänomen in gleichem Grade. Es schien mir, als zeigte es sich bei dünnwandigen Flaschen besser, als bei dickwandigen; doch fehlt es auch bei letzteren durchaus nicht.

Ob der unbelegte Theil der Flasche gefirnist ist oder nicht, macht keinen großen Unterschied, sobald nur die nackte Glasfläche gehörig rein ist. Doch will ich zugeben, daß sich auf einem Firnis oder Lack, der ein sehr guter Isolator ist, das Phänomen weniger ausbildet als auf Glas. Es ist mir dies nach dem Verhalten einer Tafel aus Horn-gummi, gegenüber einer aus Glas, nicht unwahrscheinlich.

Von viel größerer Bedeutung ist aber andererseits die relative Ausdehnung und Lage der beiden Belege. Wenn, wie gewöhnlich, die beiden Belege der Flasche gleich hoch hinaufreichen, so zeigt sich auch an beiden, an dem inneren, wie an dem äußeren, das Phänomen in gleichem Maasse.

Ueberragt aber der eine Beleg den andern um ein Gewisses, z. B. um einige Linien, so erscheinen an ihm keine Lichtfransen bei der Entladung. Dafür zeigen sie sich nun aber desto ausgebildeter an dem andern Beleg, der zurücksteht.

Um sich von diesem Verhalten zu überzeugen, braucht man nur einen der Belege mit einem Vorsprung von Stau-

niol zu bekleben. Man wird finden, dafs derselbe bei der Entladung dunkel bleibt.

Hieraus erklärt sich, wie es Flaschen geben kann, die anscheinend keine Spur von dem Lichtphänomen zeigen. Es sind solche, bei denen der äufsere Beleg den inneren beträchtlich überragt. Das Phänomen ist dann ganz auf das Innere der Flasche beschränkt, in welches man aber für gewöhnlich nicht hineinsehen kann.

Die Franklin'sche Tafel giebt zu ähnlichen Beobachtungen Anlaß. Jedoch ist sie zum näheren Studium der Erscheinung viel geeigneter als die Flasche, bei welcher die Vorgänge nicht so übersichtlich sind, und auch die Elemente des Apparats nicht so leicht verändert werden können.

Ich habe mehre solcher Tafeln durch bloßes Aufeinanderlegen von Blechscheiben und Glasplatten gebildet, und sie zur vorliegenden Untersuchung sehr brauchbar gefunden.

Besonders interessant und lehrreich sind die Versuche mit ihnen, wenn man die Scheiben oder Belege von ungleicher Gröfse oder von excentrischer Lage wählt.

Ich legte eine quadratische Glasplatte von 13 Zoll Seite und 0,5 Lin. Dicke auf eine runde Blechscheibe von 10 Zoll Durchmesser und bedeckte sie concentrisch mit einer kleineren Scheibe von 4 Zoll Durchmesser, so dafs von der Platte ein Ring von 3 Zoll Breite nur einseitig belegt war.

Mit der Maschine verbunden und durch deren Elektroden auf bekannte Weise entladen, gewährte diese Tafel im Dunklen einen wirklich prachtvollen Anblick. Gleich einer feurigen Sonne bedeckte sich bei jeder Entladung, sobald nur die Elektroden hinreichend auseinander gezogen waren, der einseitig belegte Ring der Tafel mit hellen Strahlen, die anscheinend vom Rand der kleinen Scheibe ausgingen und sich zuspitzend wohl eine Länge von 2 Zoll und darüber erreichten.

Noch belehrender wird der Versuch, wenn man die Glastafel mit gleich grofsen, aber excentrisch gestellten Belegen versieht. Ich nahm dazu zwei Blechscheiben von 4 Zoll Durchmesser, die ich so legte, dafs sie etwa einen



halben Zoll übereinander griffen, ihre Mittelpunkte also ungefähr  $3\frac{1}{2}$  Zoll auseinander lagen. Man kann sie sogar noch weiter von einander entfernen.

Wenn man nun dieses System auf bekannte Weise mit der Maschine verbindet, so sieht man bei jeder Entladung von hinreichender Schlagweite die Tafel sich mit langen und hellen Lichtstreifen bekleiden, jedoch nur auf denjenigen Theilen derselben, welche einseitig belegt sind. Jede Scheibe ist also an ihrem Rande nur dort von Lichtstreifen umgeben, wo sie die andere Scheibe übergreift. Man hat solcherge-  
stalt zwei Systeme von Lichtstreifen zu beiden Seiten der Glastafel, unten und oben, und kann bemerken, daß die auf der positiven Seite etwas länger sind als die auf der negativen, sonst ihnen ähnlich.

Zum guten Gelingen dieser Versuche ist erforderlich, daß die Glastafel rein sey, daß man sie z. B. vorher mit Alkohol abgewaschen und darauf recht getrocknet habe. Geschieht das nicht, so fahren schon während der Ladung grobe gezüngelte Lichtstreifen unregelmäßig aus den Belegen, und andererseits ist auch das Phänomen bei der Entladung weniger gut und symmetrisch ausgebildet.

Ich habe bei obigen Versuchen den einseitig belegten Theil der Glastafel vor der Entladung, während sie stark geladen war, elektroskopisch untersucht, sowohl mit der Probescheibe als auch mit einem an isolirender Handhabe befestigten Metallkugeln, welches sich meist noch zweckmäßiger erwies.

Immer fand ich auf dieser Glasfläche dieselbe Elektricität, welche die benachbarte Metallscheibe besaß, also die entgegengesetzte von der, welche der auf der andern Seite des Glases befindlichen Scheibe mitgetheilt war.

Diese Thatsache scheint mir eine genügende Erklärung von dem ganzen Phänomen zu liefern.

Gesetzt nämlich die *untere* Scheibe sey positiv elektrisirt worden, so wird sie auf dem über ihr liegenden, unbelegten Theil der oberen Glasfläche durch Vertheilung positive Elektricität frei machen, und dieß wird zu Folge haben,

dafs die negative Elektricität der *oberen* Metallscheibe während der Ladung unsichtbarerweise hauptsächlich nach diesem Theile hin ausströmt, daselbst die positive Elektricität sättigt und selbst übersättigt. Für den unbelegten Theil der Glasfläche *unter* der negativen Scheibe gilt Aehnliches, nur Umgekehrtes.

Wird nun das System entladen, werden demgemäfs die Metallscheiben plötzlich ihrer Elektricität beraubt, so ziehen sie die auf der benachbarten Glasfläche ausgebreitete Elektricitäten rasch wieder an sich, um auch sie in dem Entladungsbogen zur Ausgleichung zu bringen, und da dieses Einstürmen sehr rasch geschieht, findet es unter Licht-Entwicklung statt.

Wo die eine Scheibe die andere beträchtlich überragt, kann dieser Procefs nicht eintreten, weil daselbst die eben bezeichnete Ursache zum Ausströmen der Elektricität aus den Scheiben während der Ladung fehlt; folglich bleiben daselbst die Ränder während der Entladung dunkel.

Liegen die Scheiben nicht excentrisch, und sind sie gleich grofs, so dafs ihre Ränder wie gewöhnlich bei den Belegungen der Leydener Flasche einander gegenüberstehen, so findet das in Rede stehende Phänomen zwar in geringerem Grade, aber doch ebenfalls statt; allein diefs hat seinen Grund darin, dafs die Belege ihren influencirenden Einflufs auch seitwärts durch das Glas hin bis zu einer gewissen Entfernung ausdehnen, desto weiter natürlich, je stärker die Ladung war.

Wenn ich bei dieser Erklärung insofern der Ansicht von Saxtorph beitrete, als auch ich annehme, dafs bei der Entladung ein Einstürmen von Elektricität in die Belege stattfindet — obgleich ich lange Zeit entgegengesetzter Meinung war, da der Anblick des Phänomens wirklich täuschend für ein Ausströmen spricht — so mufs ich doch bestreiten, dafs auf den Belegen und neben ihnen auf der Glasfläche *entgegengesetzte* Elektricitäten vorhanden seyen, die sich im Acte der Entladung mit einander vereinigen, und dadurch zu der Licht-Erscheinung Anlafs geben. Denn warum sollten diese ent-

gegengesetzten Elektricitäten, wären sie wirklich nebeneinander auf dem Glase vorhanden, sich gerade im Acte der Entladung vereinigen. Es ist kein Grund dazu da, und es widerspricht auch der Erfahrung, denn wie schon gesagt, habe ich auf und neben den Belegen stets *einerlei* Elektricität angetroffen.

Dies bestätigt sich ferner an Stanniolstücken, die man neben den Belegen, etwa  $\frac{1}{2}$  oder ganzen Zoll von ihnen entfernt, auf die Glasfläche legt; sie zeigen gleiche Elektricität wie die Belege. Liegen sie ihnen etwas nahe, so sieht man schon bei Tage die während der Entladung zu den Belegen zurückkehrende Elektricität in hellen Funken überspringen.

Umgiebt man einen kreisrunden Beleg in geringer Entfernung mit einem Ring von Stanniol, so hat man eine symmetrische Verstärkung des Phänomens der scheinbaren Ausströmung bei der *Entladung*. Andererseits läßt sich die wirkliche Ausströmung, welche unsichtbarerweise während der *Ladung* stattfindet, *fühlbar* machen, wenn man das neben dem Beleg auf die Glasfläche gelegte Stanniolblatt so groß nimmt, daß es über diese hinausragt. Die vorgehaltene Hand empfindet dann den sogenannten elektrischen Wind sehr deutlich.

Derselbe Vorgang der am Rande der Belege stattfindet, wenn man diese die Glasfläche berühren läßt, tritt auch zwischen den Belegen ein, wenn man denselben einigen Abstand von dem Glase giebt.

Trennt man die Blechscheiben, oder auch nur einer derselben, durch zwischen gelegte Stückchen irgend einer isolirenden Substanz um etwa eine halbe Linie von dem Glase, so sieht man im Dunklen während der *Ladung* unzählich viele Fünkchen unter lautem Geknister von der Scheibe zu dem Glase überspringen; und bei der *Entladung* erfüllt sich der Zwischenraum plötzlich mit einem hellen Blitz, dessen Geräusch sich dem des Funkens im Entladungsbogen beimischt, und im Ton desto tiefer ausfällt, je größer, bis zu einer gewissen Gränze, der Abstand genommen ist.

Hier hat man also einen successiven Uebergang der Elektrizität von der Scheibe zum Glase, und dann einen plötzlichen Rückgang derselben von dem Glase zur Scheibe.

Alle Elektrizität geht dabei freilich nicht zum Glase heraus; vielmehr bleibt ein ansehnlicher Theil darin zurück, welcher bewirkt, daß die *entladene* Tafel einen *geladenen* Elektrophor darstellt, aus welchem sich auf die bekannte Weise Funken in unbestimmter Anzahl ziehen lassen.

Selbst zwischen zwei Glasplatten, die man isolirt um etwa eine Linie von einander entfernt und an den Außenseiten mit Belegen versehen hat, findet noch derselbe Hin- und Hergang der Elektrizität beim Laden und Entladen statt.

Nach allem diesen, glaube ich, kann an der Richtigkeit der aufgestellten Erklärung kein gegründeter Zweifel obwalten.

---

Das Phänomen ist übrigens noch einiger Abänderungen fähig, die, obwohl im Ganzen nur Bestätigungen des Gesagten darbietend, doch bemerkenswerth sind.

So kann man es in verdünnter Luft darstellen und andererseits auch auf der Oberfläche von Flüssigkeiten hervorbringen.

In mäsig verdünnter Luft, etwa unter einem Quecksilber-Druck von 8 bis 9 Zoll, weicht das Phänomen nicht merklich von dem in freier Luft ab. Treibt man aber die Verdünnung weiter, bis zu einem halben Zoll ungefähr, so nimmt es eine etwas andere Gestalt an.

Zieht man die Elektroden der Maschine auch nur einige Linien auseinander, so ladet sich die Flasche gar nicht mehr andauernd; vielmehr geht die Ladung continuirlich in hellen Lichtstreifen, die fortwährend herumtanzen, von einem Beleg über den Rand des Glases zum andern, wobei sie an ihrem negativen Ende blau gefärbt sind.

Um Funken, also stoßweise Entladungen zu bekommen, muß man die Elektroden wenigstens bis auf eine halbe Linie zusammenschieben. Dann erscheint auch wieder das Lichtphänomen an den Rändern der Belege. Es besteht

aber jetzt nicht mehr aus compacten Lichtstreifen, sondern aus einem matten, lockeren, wohl 5 bis 6 Linien breiten Lichtschimmer, der, bei der großen Schnelligkeit der Entladung, eine fast constante Hülle bildet, und sich nicht allein über die gefirniste Glasfläche, sondern auch über die Belege ausdehnt. Ueberdies bemerkt man auf dem negativen Beleg, dicht über seinem Rand, eine scharf begränzte dunkle Zone von ungefähr einer halben Linie Breite.

In einer verwickelteren, aber für das Auge gefälligeren Form, erhält man diese Erscheinung, wenn man die in stark (bis 1 oder 2 Linien Quecksilberdruck) verdünnte Luft gebrachte Flasche einschaltet in den Entladungsbogen einer in freier Luft stehenden Flasche oder Batterie. Bei jeder Entladung dieser letzteren ergießt sich dann die Elektrizität in Gestalt eines milden, blauen Lichtes über den unbelegten Theil der eingeschlossenen Flaschen, so daß diese das Ansehen hat, wie wäre sie aus blauem Glase geblasen. Am schönsten und regelmäsigsten ist dieses Schauspiel bei einer kleinen Schlagweite, etwa von 3 Linien, bei welcher es auch, weil dann die Entladungen rasch auf einander folgen, beinahe Stetigkeit erlangt.

Es ist etwas verschieden an beiden Seiten der Flasche, was man am besten gewahrt, wenn man die Aufsenseite derselben abwechselnd positiv und negativ macht. Ist sie positiv, so zeigen sich am Rande des Beleges kurze, helle Lichtfransen, und über ihnen, einige Linien hoch, ist das Glas weniger blau als weiter hinauf. Hat man dagegen die Aufsenseite negativ gemacht, so fehlen die Lichtfransen, aber dafür ist der Rand des Beleges von der erwähnten schmalen dunklen Zone eingefasst. Zugleich ist auch das blaue Licht viel mehr entwickelt als auf der positiven Seite; es umhüllt nicht nur den unbelegten Theil der Flasche, sondern auch den größten Theil des Beleges, von dessen Rande hinab wohl 3 Zoll tief, sich dann ins Unbestimmte verlierend. Leicht wäre es, die ganze Flasche leuchtend zu machen<sup>1)</sup>.

1) Man kann den Versuch mit der in stark verdünnter Luft stehenden Poggendorff's Annal. Bd. CXXXIII.

In diesem Phänomen wiederholt sich offenbar dasjenige, welches sich zeigt, wenn man durch das elektrische Ei einen Strom leitet, der ausserhalb des Eies die freie Luft in Funken durchbricht, also stofsweise wirkt. Auch dabei schieft die positive Elektricität weit über den dunklen Raum und das Licht der negativen Elektrode hinweg, sie beide förmlich einhüllend.

Zur Hervorbringung des Phänomens auf Flüssigkeiten, die natürlich keine oder keine guten Leiter seyn dürfen, verfuhr ich folgendermaassen.

Ich nahm ein cylindrisches Gefäss aus dünnem Glase von 6 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Höhe, und beklebte es äusserlich sowohl am Boden als auch bis zu einigen Linien Höhe an der Seitenwand mit Stanniol. In dieses Gefäss goss ich destillirtes Wasser oder Alkohol bis zu verschiedenen Höhen, und tauchte in die Mitte desselben einen Kupferstab, dem zuweilen noch am Ende eine kleine Kupferscheibe horizontal angefügt war. Stab und Gefässboden wurden, wie gewöhnlich, mit der Maschine verbunden.

Hiermit ergab sich nun, dafs das Lichtphänomen nur dann auf der Oberfläche der Flüssigkeit zum Vorschein kam, wenn der Stab dieselbe nur so eben berührte, oder auch einen kleinen Abstand von ihr hatte, so dafs während der Ladung Fünkchen auf sie herabströmten. Tauchte er dagegen tief ein, wohl gar bis zum Boden, so blieb die Oberfläche der Flüssigkeit dunkel und es erschien dafür am Rande der Stanniolbelegung ein Kranz von Lichtfasern.

Flasche in dreifacher Weise anstellen, indem man entweder den Strom der Maschine geradezu hindurchleitet, oder ihn vor den Eintritt in das Vacuum Funken in freier Luft geben läßt, oder, wie eben beschrieben, noch eine äussere Flasche oder Batterie zu Hülfe zieht. In den beiden ersten Fällen entladet sich die eingeschlossene Flasche in herumtanzenden bläulichen Lichtstreifen, die im zweiten Falle weniger schön als im ersten sind und von freier Elektricität begleitet werden, so dafs, wenn man die Hand an die Glocke legt, diese sich daselbst mit einem weifsliehen Lichtnebel erfüllt. Im dritten Fall endlich erhält man die beschriebene Erscheinung. Mit einem kräftigen Inductionstrom habe ich nur den ersten Fall verwirklichen können

Manchmal zeigt sich die letztere Erscheinung auch wenn der Stab die Flüssigkeit bloß berührte, sobald die Ladung schwach war, wogegen eine starke Ladung das Licht auf der flüssigen Oberfläche hervorrief. Zuweilen war dies letztere selbst bei schwachen Ladungen der Fall, aber nur bei den ersten zwei oder drei Entladungen; dann blieb das oberflächliche Leuchten auf, und um es wieder hervorzurufen, mußte die Ladung verstärkt, d. h. die Schlagweite der Entladung vergrößert werden.

Wahrscheinlich entspringen diese Verschiedenheiten daraus, daß die Elektrizität bei schwachen Ladungen meistens durch die Flüssigkeit geht, bei starken Ladungen aber auf deren Oberfläche entlang.<sup>1)</sup>

Das Lichtphänomen ist auf der Oberfläche von Flüssig-

- 1) Daß eine elektrische Entladung, je nach ihrer Intensität, einen verschiedenen Weg einzuschlagen vermag, wenn ihr deren mehr dargeboten sind, habe ich unter anderen Umständen schon vor längerer Zeit beobachtet.

Ich hatte zwei Leydener Flaschen mit ihren Knöpfen an die Elektroden der Maschine gebracht und mit ihren Böden auf zwei Blechstreifen gesetzt, die um einige Linien von einander lagen. War nur die Unterlage dieses Systems eine gut isolirende, z. B. Glas oder Horngummi, so erhielt ich zwischen den einander gegenüberliegenden Rändern der Bleche, wenn ich die Maschine in Gang setzte, abwechselnd zwei discontinuirliche Ströme,\* zwar von gleicher Quantität, aber von sehr ungleicher Dauer und Intensität, einen längeren und darum schwächeren Ladungsstrom in mikroskopischen Fünkchen, und einen kürzeren und darum stärkeren Entladungsstrom oder Rückschlag in compacten Funken, die gleichzeitig mit den Funken zwischen den Elektroden überschlügen. Stand aber das System auf einem schlechten Leiter, auf Holz z. B., so war der Ladungsstrom für das Auge verschwunden. Der Entladungsstrom dagegen ging nach wie vor, scheinbar ungeschwächt, in Funken zwischen den Blechen über.

Hier war also die schwächere Entladung durch das Holz gegangen, die stärkere aber nicht oder nur zum kleinsten Theil. Ich möchte daraus schließen, daß die Leitungsfähigkeit der Körper überhaupt bei großer Intensität der elektrischen Ströme von deren Intensität abhängt, mit Steigerung derselben abnimmt, und vielleicht zuletzt ganz aufhört. Das Verbiegen und Zerstäuben von Metalldrähten durch heftige elektrische Explosionen möchte diese Hypothese auch nicht ganz unwahrscheinlich machen.

keiten jedoch nie so regelmässig wie auf starren Substanzen. Es besteht fast immer aus einem unregelmässigen Stern, dessen Strahlen sich verästeln und zum Theil bis zum Rande des Gefässes fortschießen.

Mit der Dicke der Flüssigkeitsschicht nimmt es ab; doch zeigt es sich noch sehr gut, obgleich etwas modificirt, wenn diese Dicke, d. h. der Abstand der flüssigen Oberfläche von der Stanniolbelegung am Boden des Gefässes, zwei Zoll und mehr beträgt.

Schliesslich muss ich noch erwähnen, dass das in Rede stehende Lichtphänomen keineswegs auf die *Entladung* allein beschränkt ist, sondern dass es sich ebenso auch bei der *Ladung* zeigt, sobald dieselbe nur *plötzlich* geschieht.

Eine solche plötzliche Ladung bewerkstelligt man, wenn man eine geladene Flasche oder Batterie mit einer ungeladenen Flasche oder Tafel verbindet. Die auf ersterer angehäuften Elektricitäten ergiessen sich dann momentan auf die ungeladenen Flächen und laden sie.<sup>1)</sup> Das Lichtphänomen dabei ist ganz dem früheren ähnlich, obwohl hier sicher ein *Ausströmen* der Elektricität aus den geladenen Belegen eingeräumt werden muss. Uebrigens sind grosse Mittel erforderlich, um es so intensiv zu machen, wie das bei der Entladung.

- 1) Beiläufig sey hier eines instructiven Versuchs erwähnt, der besonders für Vorlesungen geeignet seyn möchte. Auf eine geladene Franklin'sche Tafel legt man eine ungeladene von eben der Grösse und entladet das System. Man bekommt natürlich einen Funken. Nun hebt man die obere Tafel ab, wendet sie um, und legt sie wieder auf die untere. Jetzt kann man das System abermals entladen, und erhält dabei einen zweiten Funken, der dem ersten so gut wie gleich ist, zum augenfälligen Beweise, dass durch diesen ersten keine Elektricität vernichtet ward.



VIII. *Ueber negative Fluorescenz;*  
*von C. Bohn.*

Giebt es Fluorescenzerscheinungen, bei denen das erregte Licht grössere Brechbarkeit hat, als das erregende, — mit andern Worten: ist das von Stokes ausgesprochene Gesetz, bei der Fluorescenz werde die Brechbarkeit der Strahlen *stets* vermindert, ungültig, — oder mit noch andern Worten: giebt es eine negative Fluorescenz? Diese Frage habe ich in einer kleinen Abhandlung (diese Annalen Bd. CXXX, S. 367) zu beantworten versucht. Ich habe ausführlich nachgewiesen, daß das Leuchten des Flußspathes, welches durch dunkle Wärmestrahlen veranlaßt wird, *nicht* als solche negative Fluorescenz gelten könne und habe kürzer ausgesprochen, auch die von den Hrn. Akin und Tyndall beschriebenen Erscheinungen seyen nur *mit Unrecht* für negative Fluorescenz ausgegeben worden, sie seyen *nicht* als Widersprüche gegen das Stokes'sche Gesetz anzusehen. Hr. Akin hat sich hierdurch zu Gegenbemerkungen veranlaßt gesehen, welche in diesen Annalen Bd. CXXXI, S. 554 erschienen sind.

Soll unser Meinungsunterschied der Erörterung werth und nicht etwa ein unnützer Wortstreit seyn, so kann es sich dabei nur darum handeln, ob Erscheinungen nachgewiesen sind, die sich von den bekannten, Fluorescenz genannten, nur durch die *Richtung* der Brechbarkeitsänderung unterscheiden, sonst aber mit der Fluorescenz alle übrigen Merkmale gemein haben, oder ob solche Erscheinungen bis jetzt noch nicht aufgefunden sind. Daß ich nur von solchen gesprochen habe, erhellt mit genügender Deutlichkeit daraus, daß ich in wenigen, aufeinanderfolgenden Zeilen meiner Abhandlung (S. 369 unten, 370 oben) die nachstehend durch den Druck besonders hervorgehobenen näheren Bezeichnungen: *unmittelbare Brechbarkeitserhöhung, directe Strahlenumwandlung, negative Fluorescenz im Sinne der*

*Emsmann'schen Bezeichnung*, gebraucht habe, daß ich wiederholt vom Stokes'schen Gesetze (welches sich eben auf Fluorescenz bezieht) und von den vermeintlichen Ausnahmen von demselben gesprochen habe. Es ist ersichtlich, daß auch Hr. Akin solche *eigentliche* Fluorescenzerscheinungen im Sinne gehabt hatte, denn er will (*Report of the british association for the advancement of science for 1863, p. 95*) seine Versuche *render completely similar to those of fluorescence* (S. 96 heißt es *closest similarity*), er sucht (*Report p. 100*) *the converse phenomena of fluorescence*, er glaubt (*Rep. 95*) die Aussendung der stärker brechbaren Strahlen geschähe *in the same way* als die der weniger brechbaren Strahlen bei der Fluorescenz, er sucht nach Ausnahmen von dem Stokes'schen Gesetze, er will neuerdings (Pogg. Ann. Bd. CXXXI, S. 560) die fraglichen Glüherscheinungen nicht als negative Fluorescenz bezeichnet haben, »insofern nämlich, als man hinter diesem Ausdrucke leicht ein Phänomen vermuthen könnte, das jenem der Fluorescenz *in jeder Hinsicht* entgegengesetzt ist.<sup>1)</sup> Nun sagt aber Hr. Akin in den Schlussworten seiner Gegenbemerkungen, auf derselben Seite, auf welcher der eben citirte Ausspruch steht: »Insofern man unter *Fluorescenz* einfach ein Phänomen verstehen will, in welchem die Absorption von Strahlen einer gewissen Gattung Anlaß giebt, auf rein physikalischem Wege, zu einer Emission von Strahlen von geringerer Wellenlänge, und weiter Nichts: so glaubte ich darauf Anspruch erheben zu können, das *Negative* und Umgekehrte jener Erscheinung

- 1) Diese Befürchtung wird, meines Erachtens, Niemand theilen. Niemanden fällt es ein unter *negativer Zahl* die Verneinung des Begriffes *Zahl* zu denken, *negative Elektrizität* mit *Nichtelektrizität*, *negativen Magnetismus* mit *Nichtmagnetismus* gleich zu setzen. Gerade, damit etwas *negative Elektrizität* genannt werden könne, muß es eben *Elektrizität* seyn, um vom *negativen Magnetismus* sprechen zu können, muß man an *Magnetismus* denken und ebenso muß das, was als *negative Fluorescenz* bezeichnet wird, vor allem überhaupt *Fluorescenz* seyn. »Negative und »positive sind nur nähere Bezeichnungen des Hauptbegriffes, — — doch es ist wohl nicht nöthig diese sprachliche und logische Frage ausführlicher zu erörtern.

ausländig gemacht zu haben: und muß ich darum auch insoweit der Behauptung des Hrn. Bohn, ... nur ernstlich entgegentreten.« — Hiermit faßt mein Herr Gegner den Begriff der Fluorescenz ganz anders als ich, anders als derselbe, meines Wissens, bisher von den Physikern aufgefaßt wurde, anders als ihn *anscheinend* bis dahin Hr. Akin selbst verstanden. *Diese Definition erweitert* den Begriff beträchtlich, sie dehnt die Bezeichnung Fluorescenz aus auf jede Emission von Strahlen, die durch Absorption von Strahlen *veranlaßt* wird. Dafs ich gegen das Vorhandenseyn solcher Erscheinungen (mit Brechbarkeitsänderungen in beiderlei Sinn) nicht opponirte, ist einleuchtend — habe ich doch selbst ausführlich von Erscheinungen am Flussspathe gesprochen, die darin bestehen, dafs eine Aussendung hochbrechbarer Strahlen durch Strahlen geringer Brechbarkeit *veranlaßt* wird. Auch habe ich nicht dagegen geschrieben, dafs man den hierher gehörigen Erscheinungen einen besonderen Namen, Calcescenz oder Calorescenz geben will, da mir dießs mindestens gleichgültig scheint, obgleich andere Vorgänge von Strahlenerzeugung, bei Krystallisation, bei chemischen Processen usw. mit demselben Rechte einen besonderen Namen beanspruchen könnten, man sich aber nicht bewogen gefunden hat, ihnen einen solchen zu ertheilen. Der Zweck meiner Abhandlung war nachzuweisen, dafs jenen Erscheinungen, die man als Ausnahmen gegen das Stokes'sche Gesetz angeführt hatte, *wesentliche* Eigenschaften der Fluorescenz fehlen. Den Nachweis habe ich, wenigstens nach Ansicht meines Herrn Gegners, hinsichtlich der von den Hrn. Akin und Tyndall genannten Erscheinungen nicht ausführlich und verständlich genug gegeben und bin ich daher bereit dießs jetzt zu thun, wobei ich freilich von vornherein bemerken muß, dafs das Nachfolgende grofsentheils nur eine Paraphrase des von mir in der ersten Abhandlung gesagten ist.

Die Absorption der Strahlen ist als eine Uebertragung der Bewegung des Aethers auf die kleinsten Theile der absorbirenden Körper anzusehen, welche, wie bei der Reso-

nanz, in Schwingungen gerathen, deren Periode von der Körperconstitution abhängig ist. Die schwingenden Körpertheilchen übertragen ihrerseits wieder Bewegungen an den Aether und so entstehen neue Strahlen, die im Allgemeinen anderer Art sind als die ursprünglich erregenden. Nach der Definition des Hrn. Akin wäre dies als Fluorescenz zu bezeichnen und diese käme somit, bei *jeder* Art von Bestrahlung *allen* Körpern zu, welche nicht etwa vollkommen diaphan und diatherman sind.

Nun ist freilich die neue Ausstrahlung nicht in allen Fällen nachweisbar. So sind viele Körper bekannt, welche sehr energisch Licht absorbiren ohne dabei oder dadurch zu eigener Ausstrahlung veranlaßt zu werden. Ich erinnere beispielsweise an schwarzes Glas, welches das Licht vollständig absorbiert, aber weder Fluorescenzlicht noch in merkbarem Grade Wärme ausstrahlt (wenn es von reinen Lichtstrahlen bestrahlt wird). In diesen und in ähnlichen Fällen ist entweder anzunehmen die Intensität der ausgesandten Strahlen sey so gering, daß unsere Nachweismittel für dieselben unzureichend sind (wonach also die absorbierte lebendige Kraft größtentheils zu etwas anderem als Strahlen umgesetzt würde), oder anzunehmen die Qualität der Strahlen sey derart, daß sie weder auf unsere Sinne direkt noch auf unsere Meßwerkzeuge Eindruck machen, was einträte, wenn die Wellenlänge über oder unter gewissen Grenzen wäre.

Eine große Zahl von Körpern ist bekannt, welche das Licht nur in mäßigem Grade absorbiren, aber in sehr merklichem Grade wieder ausstrahlen; — das sind die *fluorescierenden* Körper. Daß die Absorption der erregenden Strahlen im Uranglas, in der Chininlösung usw. nicht sehr stark ist, geht am einfachsten daraus hervor, daß die Fluorescenz sich nicht bloß auf die Oberfläche und die der Oberfläche aller nächsten Schichten beschränkt, sondern auf bedeutende Tiefe in diese Substanzen hinein wahrgenommen wird. Der ganze Lichtkegel, den man mit Hilfe einer Sammellinse in das Innere der Substanz wirft, erscheint im Fluorescenzlichte.

Es ist nicht unwichtig zu bemerken, daß die Fluorescenz in merklicher Weise auftritt, selbst wenn die Intensität der erregenden Strahlen sehr gering ist. So erglänzt z. B. Uranglas im schwachen Lichte der Abenddämmerung sehr auffallend, was, nebenbei bemerkt, vermuthen läßt, daß das Licht der Dämmerung relativ reich an ultravioletten Strahlen sey.

Die Thatfachen, daß die Fluorescenzerscheinungen eintreten, auch wenn die Absorption der erregenden Strahlen nicht sehr bedeutend ist, daß sie eintreten, auch wenn die Intensität der erregenden Strahlen nur gering ist, will ich als rein quantitative Verhältnisse nicht einmal als wesentliche Kennzeichen der Fluorescenz ansehen.

Die fluorescirenden Körper ändern ihren physikalischen Zustand *nicht* in bemerkbarer Weise durch das Fluoresciren, während desselben oder gar bedingend vor demselben. Sie behalten dieselbe Temperatur. Und wenn zufällig begleitende Umstände eine Temperaturerhöhung veranlassen, so kann man diese durch irgend ein Abkühlungs-Mittel verhindern, ohne daß dadurch die Deutlichkeit des Phänomens im Geringsten leide. — Damit zusammenhängend ist die Wahrnehmung, daß die Fluorescenz gleich deutlich und intensiv auftritt, wenn der Körper in dickster Schicht oder in dünnster angewendet wird.

Die Qualität des Fluorescenzlichtes hängt ab von der Qualität der erregenden Strahlen, aber sie ist durchaus *unabhängig von der Quantität* der erregenden Strahlen. Uranglas fluorescirt grün im schwächsten Dämmerlichte, so wie im Brennpunkte der Sonnenstrahlen, Lakmuspinkur zeigt bei der intensivsten, wie bei der schwächsten Beleuchtung durch wirksame Strahlen, das orangefarbige Fluorescenzlicht, Chinin stets ein blaues, usw.

Die Qualität des Fluorescenzlichtes hängt ferner ab von der Natur des fluorescirenden Körpers.

Während die Absorption des Lichtes nicht immer, sondern eben nur bei den fluorescirenden Körpern eine bemerkbare Neuausstrahlung zur Folge hat, scheint die Ab-

sorption von Wärme in *allen* Fällen Anlaß zur Neuausstrahlung von Wärme, eventuell auch von Licht zu geben. Meist ist diese Ausstrahlung deutlich bemerkbar, aber selbst wenn dieß nicht der Fall, so ist auf Grund der zuerst von Prevost ausgesprochenen Idee (über das mobile Gleichgewicht der Temperatur) an ihr Vorhandenseyn zu glauben. Dafs die Strahlen der neuen Emission im Allgemeinen andere Brechbarkeit haben als die veranlassenden, ist nach den oben referirten Vorstellungen des Vorgangs bei der Absorption zu erwarten. Nach Hrn. Akin sind alle solche Erscheinungen Fluorescenz, ich halte sie nicht dafür.

Der entscheidende Unterschied dieser Wärmestrahlungsphänomene gegen die Fluorescenz ist dieser, dafs die Qualität der ausgesendeten Strahlen bei einem und demselben Körper abhängig ist von der *Quantität* der absorbirten. Dafs sie hingegen, — wofern die absorbirten Strahlen nur überhaupt Wärme sind, unabhängig ist von der *Art* der absorbirten Strahlen (von der Wärmefarbe). Bei der Fluorescenz aber findet gerade das Gegentheil statt, Unabhängigkeit von der Quantität, Abhängigkeit von der Qualität.

Die Fluorescenz ist die *nächste* und *unmittelbare* Folge der Absorption der Strahlen. Hingegen ist bei den fraglichen Phänomenen und ähnlichen die erste Folge der Wärmestrahlenabsorption eine Erhöhung der Temperatur. Erst die Folge dieser Temperaturerhöhung, also die *zweite* oder *mittelbare* Folge der Wärmeabsorption ist eine Wärmeausstrahlung. Die Qualität der ausgestrahlten Wärme hängt nach den Forschungen von Draper (*Phil. Mag.* t. XXX, p. 345), von De la Provostaye und Desains (*Compt. rend.* t. XXXVIII, p. 440) und E. Becquerel (*Ann. d. chim.* [3] t. LXVIII) nur von der Temperatur ab. — Das Glühen tritt ein, welcher Art auch die absorbirten Wärmestrahlen gewesen seyn mögen, wenn sie nur in hinreichender Menge absorbirt wurden und ebenso tritt es ein, wenn die Temperaturerhöhung (welche hier Effekt der Wärmeabsorption ist) auf *irgend* welche Weise hervorgebracht

wird.<sup>1)</sup> — Da ich einmal zu einer breiten Darstellung entschlossen bin, so mag dann die naheliegende Bemerkung auch noch ausgesprochen werden, daß bei der Fluorescenz nur Strahlen *bestimmter* Art (für die einzelnen Substanzen verschiedene) die Erscheinung hervorrufen können und es kein anderes Mittel giebt, sie zu erzeugen, — daß bei den Glüherscheinungen Wärmestrahlen *jeder* Art, gleichen Erfolg hervorbringen, ja daß die Wärmestrahlung gar keine unerlässliche Bedingung ist für das Zustandekommen der Erscheinung, — es giebt auch andere Mittel das Glühen zu veranlassen.

Daraus, daß die Temperaturerhöhung die nächste Ursache der Strahlenemission ist, folgt dann, daß alle Umstände, welche die Temperaturerhöhung vermindern oder hindern, die Erscheinung des Glühens beeinträchtigen oder ganz unmöglich machen. Ein solcher Umstand ist die Vermehrung der Masse des bestrahlten, absorbirenden Körpers: — ein dünnes Blättchen der adiathermanen Substanz erglüht wohl im Brennpunkte der Wärmestrahlen, nicht aber ein dickes Blech. Ein weiterer solcher Umstand ist die Ableitung der Wärme durch einen guten Leiter. Darum wird auch das dünnste Blättchen nicht erglühen, wenn man die Rückseite mit Wasser befeuchtet hält. (Die Vermehrung der Masse wirkt natürlich auch nur durch Abkühlung). Ein weiterer solcher Umstand ist die Verminderung der Menge der zur Absorption gelangenden Strahlen, — bei wenig intensiver Bestrahlung erglüht das Platinblättchen nicht.

Darum, weil das Glühen erst eine mittelbare Folge der Wärmeabsorption ist, darum, weil die Temperaturerhöhung vorhergehen muß, erfolgt das Glühen auch nicht *augenblicklich*, so wie die Bestrahlung beginnt, — anders als bei der Fluorescenz. Hr. Akin fragt: »womit kann Hr. Bohn seine Behauptung begründen, daß das Glühen, eines dünnen Platin-Plättchens im Focus unsichtbarer wärmender Strahlen erst

1) Diesen einfachen Gedanken habe ich auf S. 388 meiner Abhandlung mit andern Worten ausgedrückt, die Hr. Akin S. 559 seiner Entgegnung citirt und deren Sinn ihm nicht verständlich werden wollte.



merklich später eintritt als die Bestrahlung?« — Meine Antwort liegt im eben Gesagten. Erst muß, durch Ansammeln der absorbirten Wärme, die Temperatur genügend angestiegen seyn, ehe ein Glühen erfolgen kann. Wer aufmerksam die Erscheinung des Glühens eines Drahtes durch elektrischen Strom betrachtet, wird finden, daß nicht augenblicklich mit dem Schließen der Kette das Glühen vorhanden ist. Ist der Draht nicht ganz dünn, so währt es so lange bis das erste Aufleuchten erfolgt, daß man oft versucht ist zu glauben, die leitende Verbindung sey mangelhaft. Man sieht wie das Glühen allmählig zum Maximum der Intensität gelangt, dann nach Unterbrechung des Stromes noch etwas fortdauert, — so lange eben, bis der Draht unter die Glühtemperatur abgekühlt ist. Analog diesem, behaupte ich nicht nur, daß das Platinblättchen nicht *sofort* bei Beginn der Bestrahlung erglüht, sondern daß es auch nach Beendigung der Bestrahlung noch fortglüht. — Ich könnte mich damit begnügen, diese Antwort auf Hrn. Akin's Frage gegeben zu haben, oder hätte ihm überhaupt den Gegenbeweis zuschieben können; ich will aber noch weiter gehen und ihm nachweisen, daß »Analoges von Andern bemerkt worden ist.« (S. 588). Dieser Andere ist Hr. Tyndall, der mit größter Ausführlichkeit die Erscheinungen beschreibt, die er im Brennpunkt reiner Wärmestrahlen wahrgenommen hat. Zwar sagt der Genannte (*Philos. Transactions* t. LXX (1866), p. 13 u. a.) wiederholt, die Wärme des Brennpunktes sey *instantly* in Licht umgewandelt worden, allein sicherlich ist das nicht im strengen Wortsinn zu verstehen, sondern hyperbolisch und bedeutet nur sehr schnell. Daß diese meine Auffassung richtig ist, geht aus einer Stelle auf derselben Seite 13 der citirten Abhandlung hervor. Dort wird mitgetheilt, daß das unsichtbare Wärmebild der positiven Kohlen Spitze der elektrischen Lampe intensiver sey, als das der negativen Spitze, denn das erstgenannte durchbohre *first* das Papier. Wenn aber die Erscheinung (welche mit dem Erglühen des Platins genau dieselbe Ursache, nämlich eine Temperaturerhöhung hat) an einer Stelle frü-



her als an der andern Stelle eintritt, während die Bestrahlung an beiden Stellen gleichzeitig beginnt, so kann sie, mindestens an der zweiten Stelle, nicht augenblicklich der Bestrahlung gefolgt seyn, sondern muß erst »merklich später« eingetreten seyn. Q. E. D.

So ausreichend nach meinem persönlichen Dafürhalten der Unterschied zwischen den Fluorescenzerscheinungen und den vielgenannten Glühphänomenen auch erörtert ist, so will ich doch noch einiges Weitere in dieser Beziehung kurz angeben.

Die Fluorescenz kann man am besten *beschreiben* (nicht erklären) als eine (unregelmäßige) Reflexion mit gleichzeitiger Brechbarkeitsänderung, — worauf auch die zuerst gebräuchlichen Namen der innern oder der epipolischen Dispersion zielen. Diese Beschreibung läßt sich auf die Glühphänomene nicht übertragen.

Vieles veranlaßt zu glauben, daß die Fluorescenz ein Interferenzphänomen sey, wofür namentlich auch die Thatsache spricht, daß das Fluoresciren mit der Bestrahlung beginnt und mit deren Aufhören erlischt.<sup>1)</sup> Niemand wird versucht seyn die Glüherscheinungen als Interferenz anzusehen, — wer denkt an Interferenz, wenn ein Platinblech so heiß gemacht worden, daß es leuchtet!

Fluorescenz zeigt sich nur bei ganz bestimmten Substanzen, so daß von mehreren, welche keine erheblichen Unterschiede in ihrem sonstigen Verhalten gegen das Licht zeigen, einige fluoresciren und andere nicht. Das Glühen unter den bewußten Bedingungen, findet aber bei *allen* Körpern

1) Ich habe einige Versuche gemacht, um zu sehen, ob die Fluorescenz nach dem Aufhören der Bestrahlung noch kurze Zeit anhält. Ich ließ auf Uranglas und Chininlösung Sonnenlicht, durch eine Linse concentrirt, fallen und bedeckte mir mit einer Hand die Augen, so daß nach längerer Ruhe diese selbst gegen schwache Lichteindrücke sehr empfindlich wurden. Dann verschloß ich gleichzeitig mit der einen Hand die Oeffnung im Laden, durch welche das Sonnenlicht in das dunkle Zimmer gelangte und zog mit der andern Hand die Decke von meinen Augen zurück. Ich habe nie eine Fortdauer der Fluorescenz des Uranglases oder der Chininlösung constatiren können. Vergl. Esselbach, *Rep. Brit. Assoc.* 1862, 2, p. 22.

statt, welche in hinreichender Quantität Wärme absorbiren, möge auch nur durch einen Oberflächenüberzug die Absorption erhöht worden seyn.

Es mag genug seyn und ich will den Inhalt dieser Zeilen dahin zusammenfassen, dafs ich die von den Hrn. Akin und Tyndall beschriebenen Glühphänomene *nicht* für Fälle negativer Fluorescenz halte, nicht als Ausnahmen gegen das Stokes'sche Gesetz gelten lasse, — einfach weil diese Erscheinungen gar keine Fluorescenz sind.

Und um nichts an Ausführlichkeit wünschen zu lassen, will ich wiederholen, was ich, im Anschluß an den bestehenden Sprachgebrauch, unter Fluorescenz verstehe:

Wenn Strahlen (Licht oder Wärme) auf passend ausgewählte Körper fallen, und in Folge hiervon sofort, ohne dafs eine Temperaturerhöhung oder eine ähnliche physikalische oder eine chemische Aenderung im Zustand der Körper vorherzugehen hat, von diesen Körpern, mögen sie dicke oder dünne Schichten bilden, Strahlen ausgesendet werden, welche andere Brechbarkeit haben, als die erregenden; wenn die Qualität der ausgesandten Strahlen von der Natur der wirksamen Körper und von der Qualität, nicht aber von der Quantität der erregenden Strahlen abhängt, so findet Fluorescenz statt.

Demgemäß sind weder die Glüh- und Verbrennungs-Erscheinungen im Brennpunkte unsichtbarer Wärmestrahlen, noch die in der Wasserstofflamme vor sich gehenden, noch die von Fürst Salm-Horstmar (Pogg. Ann. Bd. CXIII, S. 54) und von Dammer (Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 658) angeführten Erscheinungen als Fluorescenz anzusehen. Fluorescenz von Wärme ist meines Wissens bis heute noch nicht angetroffen worden.

Was meine Ansicht über die Wahrscheinlichkeit einer negativen Fluorescenz angeht, so verweise ich auf meine erste Abhandlung.

Aschaffenburg den 22. December 1867.

IX. *Zur Geschichte der Fluorescenz;*  
*von H. Emsmann.*

In den Annalen Bd. CXXXI, S. 658 findet sich als Notiz »Zur Geschichte der Fluorescenz« von Hrn. Theodor Hoh in Bamberg die Angabe, daß schon Goethe einen Fluorescenzversuch mit frischer Rinde von der Rostkastanie gemacht habe. Die ersten Fluorescenzbeobachtungen reichen aber noch weiter zurück und Goethe selbst giebt darüber Ausweis. Derselbe theilt (zur Farbenlehre II. Bd. Tübingen 1810, S. 342) mit, daß Boyle und Pourchot am nephritischen Holze die Erfahrung gemacht haben, daß, wenn man eine Nacht über eine gewisse Portion nephritischen Holzes, mit reinem Brunnenwasser übergossen, stehen läßt und mit diesem Aufgusse sodann ein rundes gläsernes Gefäß anfüllt, dieß Gefäß gelb erscheine, wenn es sich zwischen dem Auge des Beobachters und dem äußeren Lichte befindet; blau hingegen, wenn das Auge zwischen das Licht und die Flasche gebracht wird.

Diese Notiz führt aber noch weiter zurück, nämlich auf *Athanasii Kircheri ars magna lucis et umbrae*, in welcher (edit. Romae MDCXLVI, pag. 77) ein *experimentum de ligno quodam admirabili aquam in omne genus colorum tingente* steht. Das betreffende Holz ist eben das *lignum nephriticum*.<sup>1)</sup> Es heißt daselbst:

*Hoc lignum, in poculum efformatum, aquam eidem infusam primo in aquam intense coeruleam calore floris Buglossae tingit, et quo diutius in eo steterit, tanto intensiorem colorem acquirit. Hanc igitur aquam, si vitreae sphaerae infunderis, lucique exposueris; ne ullum quidem coerulei coloris vestigium apparebit, sed,*

1) Nach Kircher hat das Holz eine weiße Farbe und stammt aus Mexico, woselbst es den Namen *Coatl* und *Tlapaxatl* führen soll. Ueber die Pflanze, von welcher dasselbe kommt, habe ich nichts Sicheres ermitteln können. Früher war das Holz officinel und als Griesholz oder eine Art Sandelholz bekannter.

instar aquae purae putae fontanae, limpidam claramque aspicientibus se praebebit. Porro si hanc phialam vitream versus locum magis umbrosum direxeris, totus humor gratissimum virorem referet; si adhuc umbrosioribus locis, subrubrum, et sic pro serum objectarum conditione, mirum dictu, colorem mutabit. In tenebris vero, vel in vase opaco posita coeruleum suum colorem resumet. Notavi ego primus, quod sciam, hoc Chamaeleontinae naturae portentum in poculo ex dicto ligno elaboratum.

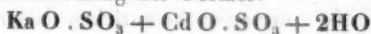
Stettin, im December 1867.

**X. Ueber die Hydrate der Verbindung von schwefelsaurem Kadmiumoxyd mit schwefelsaurem Kali;  
von Carl von Hauer.**

Schon Mitscherlich hat nachgewiesen, daß schwefelsaures Kadmiumoxyd mit schwefelsaurem Ammon und Kali ein Doppelsalz bildet, welches 6 Aequivalente Wasser enthält und isomorph ist mit der Reihe schwefelsaurer Doppelverbindungen der Magniumgruppe. Das Kalidoppelsalz ist aber, wie meine späteren Untersuchungen lehrten, nur schwierig zu erhalten und verwittert außerordentlich rasch, eine Eigenschaft, welche die Ammonverbindung nicht zeigt. Ich hatte damals beobachtet, daß neben der angeführten Verbindung noch mancherlei geformte Krystalle gleichzeitig anschiesßen, welche ich zum Theil für schwefelsaures Kali hielt. Eine neuerliche genauere Untersuchung hat nun ergeben, daß die beiden in Rede stehenden Sulphate der Verbindung mit 6 Aequivalenten Wasser in noch zwei schwer krystallisirbaren Hydratzuständen auftreten.

a) Wird eine neutrale Lösung, welche die beiden Sulphate von Kadmiumoxyd und Kali zu gleichen Aequivalen-

ten enthält, in der Hitze verdampft und Erkalten gelassen, so findet man, bei Richtigtreffen des Concentrationspunktes, am Boden des Gefäßes einzelne ziemlich groſse Krystalle, deren Zusammensetzung der Formel:



entspricht.

|                   |        |        | Gefunden |
|-------------------|--------|--------|----------|
| Cd O              | 64     | 30,60  | 30,86    |
| Ka O              | 47,1   | 22,52  |          |
| 2S O <sub>3</sub> | 80     | 38,26  | 38,48    |
| 2HO               | 18     | 8,60   | 8,30     |
|                   | 209,1. | 99,98. |          |

Eine krystallographische Untersuchung, ausgeführt von Dr. Alexander Krenner, ergab folgende Resultate:

Das Salz bildet kleine Täfelchen und schuppenartige Krystalle von *triklinischem* Habitus. Die an demselben vorkommenden Flächen: *o* (001), *m* (110), *n* (1 $\bar{1}$ 0), *a* (100), *b* (010), *d* (011) zeigten folgende Neigungen:

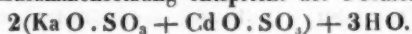
|              | berechnet - | gefunden |
|--------------|-------------|----------|
| <i>om</i> =  | 79° 54'     | 79° 54'  |
| <i>on</i> =  | 94 27       | 94 27    |
| <i>mn</i> =  | 101 10      | 101 10   |
| <i>on</i> =  | 47 44       | 47 44    |
| <i>od</i> =  | 54 27       | 54 27    |
| <i>db'</i> = | 47 11       | 47 18    |
| <i>dn</i> =  | 71 29       | 71 14    |
| <i>dm</i> =  | 57 6        | 57 18    |

Durch Fig. 9, Taf. I ist eine der häufigsten Combinationen dieser Substanz dargestellt, während Fig. 10 Taf. I. die Projection ihrer Flächen zeigt.

Auch dieses Salz verwittert noch, wiewohl langsam, an freier Luft; es verliert hierbei etwas über 2 Proc. Wasser und geht somit genau in die Zusammensetzung des Hydrats über. Die Krystalle lassen sich nicht weiter aufziehen; beim weiteren freiwilligen Verdunsten der Lösung nehmen sie nämlich an Volum nicht zu, sondern es setzen sich Kryställchen der im nachfolgenden beschriebenen Verbindung daran an.

b) Wenn man eine neutrale Lösung der Sulphate von Kadmiumoxyd und Kali der freiwilligen Verdunstung überläßt, so setzen sich durchsichtige, ungemein schöne Krystalle mit lebhaft glänzenden Flächen ab, die sich zu bedeutender Größe successive heranziehen lassen und vollkommen luftbeständig sind. (Ich besitze Krystalle dieser Verbindung, welche 1 Zoll lang sind.)

Diese Verbindung ist wasserärmer wie die vorhergehende, und ihre Zusammensetzung entspricht der Formel:



Gefunden

|                  |       |       |       |      |
|------------------|-------|-------|-------|------|
| 2CdO             | 128   | 31,28 |       |      |
| 2KaO             | 94,2  | 23,02 | 22,87 |      |
| 4SO <sub>3</sub> | 160   | 39,10 | 39,11 |      |
| 3HO              | 27    | 6,59  | 6,59  | 6,64 |
|                  | 409,2 | 99,99 |       |      |

Die krystallographische Bestimmung von Dr. A. Krenner ergab folgendes:

Das Salz ist *monoklinisch*. An den säulenförmigen Krystallen wurden folgende Formen beobachtet:

$o$  (1 0 0),  $x$  (1 0 1),  $y$  ( $\bar{1}$  0 1),  $d$  (0 1 1),  $m$  (1 1 0),  $p$  (1  $\bar{1}$  2),  $q$  (1  $\bar{1}$  3) mit nachfolgenden Neigungen:

|        | beobachtet | gefunden |
|--------|------------|----------|
| $ox =$ | 52° 30'    | 52° 34'  |
| $oy$   | 76 27      | 76 31    |
| $ym''$ | 50 29      | 50 50    |
| $mm'$  | 92 39      | 92 39    |
| $do$   | 63 3       | 63 3     |
| $dm$   | 45 39      | 45 39    |
| $dp$   | 39 40      | 39 42    |
| $dx$   | 73 52      | 74 1     |
| $dy$   | 83 26      | 83 31    |
| $py$   | 43 41      | 43 49    |
| $pm'$  | 38 17      | 38 28    |
| $po$   | 62 15      | 62 6     |
| $pp'$  | 76 56      | 76 44    |
| $pd$   | 39 40      | 39 42    |
| $pq$   | 13 52      | 13 41    |

Die Flächen des aufrechten Prismas  $m$  (110) zeigen eine der Fläche  $o$  (100) parallele Streifung. Fig. 11, Taf I giebt das Bild dieser Krystalle, während Fig. 12 die Projection der an denselben vorkommenden Flächen darstellt.

# **XI. Zur Theorie der Waage und zwei Miscellen über Schwerpunkt und die Bahn eines schiefgeworfenen Körpers; von Dr. J. Rheinauer,**

\* Professor am Lyceum zu Freiburg i. Br.

## Zur Theorie der Waage.

Obschon die Theorie der Waage in ausführlicheren Lehrbüchern der Physik und Mechanik erschöpfend dargestellt ist, so herrscht doch in gewissen und viel verbreiteten *Schulbüchern* in der Auffassung derselben eine Unklarheit, welche bei Behandlung *exacter* Disciplinen, auch in populärer Darstellung, um so weniger vorkommen sollte, je leichter sie zu vermeiden ist. Folgende viel verbreitete Darstellung dieser Theorie findet sich z. B. in dem »Grundriss der Physik und Meteorologie« von Dr. Joh. Müller, und anderen Schulbüchern, deren Verfasser Hr. Dr. Müller hier gefolgt zu seyn scheinen.

»Sey  $ab$  (Fig. 13, Taf. I) die gerade Linie, welche die Aufhängepunkte der Waagschalen verbindet, deren Gewicht wir uns in den Punkten  $a$  und  $b$  vereinigt denken;  $c$  sey der Aufhängepunkt des Waagebalkens, also der Drehpunkt desselben,  $s$  aber der unter  $c$  liegende Schwerpunkt des Waagebalkens. Wenn in  $a$  und  $b$  gleiche Gewichte aufgelegt werden, so bleibt der Waagebalken in horizontaler Lage stehen; denn man kann sich die eine der Lasten *direct* in  $a$ , die andere *direct* in  $b$  wirkend denken, und somit fällt der gemeinschaftliche Schwerpunkt der beiden Lasten  $P$  mit dem Punkte  $c$  zusammen, und der gemeinschaftliche

Schwerpunkt aller an  $c$  hängenden Massen, d. h. des Waagbalkens und der Lasten  $P$ , fällt demnach in einen Punkt zwischen  $c$  und  $s$ . Dieser gemeinschaftliche Schwerpunkt liegt noch vertical unter dem Aufhängepunkte, das Gleichgewicht ist also nicht gestört.“

»Bringt man auf der einen Seite ein Uebergewicht  $r$  an, so fällt der Schwerpunkt der angehängten Lasten (die wir uns natürlich in den Punkten  $a$  und  $b$  vereinigt denken müssen) nicht mehr mit  $c$  zusammen, sondern er rückt auf der Linie  $ab$  von  $c$  nach der Seite des Uebergewichts, etwa nach  $d$  hin; der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Waagbalkens und der Lasten fällt demnach auf irgend einen Punkt  $m$  der Linie  $ds$ . Da aber bei horizontaler Stellung des Waagbalkens der gemeinschaftliche Schwerpunkt  $m$  nicht mehr vertical unter dem Aufhängepunkte  $c$  liegt, so muß sich der ganze Waagbalken um die Axe  $c$  so weit drehen, bis diese Bedingung wieder erfüllt ist. Dabei wird sich nothwendig der Arm  $ca$  heben,  $cb$  aber senken. Der Winkel, welchen der Waagbalken für den Fall des Uebergewichtes mit der Horizontalen macht, heißt Ausschlagswinkel. Er ist gleich dem Winkel  $scm$ .«

Diese Auffassung ist aber total falsch, denn sie verstößt gegen zwei Hauptgesetze der Mechanik. Einmal müßte man nach dieser Darstellung schließen, daß der gemeinsame Schwerpunkt um so näher nach  $d$  gertickt würde, je schwerer die Waage belastet ist, oder, was dasselbe ist, man müßte sagen, die Waage werde mit der Zunahme der Belastung empfindlicher (was auch wirklich von einem Nachahmer Müller's ausgesprochen wurde.)

Allein diese Folgerung widerspricht sowohl der Erfahrung als auch den Resultaten, welche eine wissenschaftliche Behandlung dieser Theorie liefert. Wir verweisen z. B. auf die schöne Darstellung der Waage von Dr. Wüllner in seinem bekannten »Lehrbuch der Experimentalphysik.«

Zweitens widerspricht die obige Darstellung einem bekannten Satze der analytischen Mechanik, welche also lautet:

»Der Schwerpunkt ist in einem gegebenen Körper ein



ganz fester Punkt, der seine Lage nicht ändert, wenn wir auch den Körper drehen.“

Der Umstand, daß am Unterstützungspunkte der Waage ein Druck ausgeübt wird, welcher dem Gewichte der Waage und ihrer Belastung gleich ist, berechtigt nicht zu dem Schlusse, daß auch *da* der Schwerpunkt seyn müsse, eben so wenig, als man sagen kann, der Schwerpunkt einer Kugel falle mit ihrem Unterstützungspunkte zusammen.

Man denke sich für einen Augenblick die Waagschalen *fest* mit dem Waagbalken verbunden und drehe die Waage um eine *Axe*, welche durch die beiden Schwerpunkte der Waagschalen geht, so liegt offenbar der Schwerpunkt des ganzen Systems in einem Punkte, welcher zwischen dem Schwerpunkte des Waagbalkens und der genannten *Axe* sich befindet.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich folgende *elementare* Darstellung der Theorie der Waage, wobei vorausgesetzt wird, daß die beiden Aufhängepunkte *a* und *b* und der Drehpunkt *c* in einer Geraden liegen.

Sey  $ac = cb = l$  (Fig. 14, Taf. I) die Länge der Hebelarme, *g* der Schwerpunkt des Waagbalkens, so liegt der Schwerpunkt der Belastung, welche auf beiden Seiten als gleich vorausgesetzt wird, im Mittelpunkte der Geraden *rs* bei *f*, mithin der Schwerpunkt des Ganzen zwischen *f* und *g*. Werde nun auf die eine Waagschale das Uebergewicht *p* gelegt, so rückt der Schwerpunkt der Belastung von *f* etwa nach *k*, folglich der Schwerpunkt des ganzen Systems in einen Punkt zwischen *g* und *k*, etwa nach *m*; in Folge dessen muß die Waage sich drehen, bis der Schwerpunkt *m* unter den Unterstützungspunkt *c* gekommen ist, also um den Winkel  $fcm$ , der Schwerpunkt des Waagbalkens wird nach *g*<sub>1</sub> gerückt. Die Bedingung für das Gleichgewicht ist nun folgende:

$$P \cdot nc + p \cdot nc = P \cdot mc + g_1 \cdot dc$$

$$P \cdot nc = Pmc$$

daher

$$p = \frac{g_1 \cdot dc}{nc}$$

Die Waage wird also um so empfindlicher seyn, je kleiner  $p$  ist, woraus die bekannten Bedingungen für eine gute Waage sich auf sehr einfache Weise ergeben. Auch ist leicht einzusehen, daß der Schwerpunkt  $m$  des ganzen Systems um so näher nach  $f$  zu liegen kommt, je stärker die Waage belastet wird, daß also die Empfindlichkeit der Waage mit ihrer Belastung abnimmt, von der Reibung ganz abgesehen.

#### Miscellen.

a) Um Anfängern durch ein Experiment zu zeigen, daß im Schwerpunkt eines Körpers das ganze Gewicht desselben vereinigt gedacht werden muß, kann man sich eines Hebels  $ab$  (Taf. I, Fig. 15) von Holz bedienen, welcher gleichförmig gearbeitet ist, so daß sein Schwerpunkt möglichst nahe in den Mittelpunkt  $c$  zu liegen kommt.

Kann sich nun der Körper an irgend einem Punkt  $d$  um eine horizontale Axe bewegen, so wird ein Gewicht  $p$ , am Punkte  $a$  befestigt, dem Hebel, dessen Gewicht  $x$  im Mittel- oder Schwerpunkte vereinigt gedacht werden muß, das Gleichgewicht halten.

Die Bedingung für dasselbe ist nun nach dem Gesetze des Hebels:

$$x \cdot dc = p \cdot ad$$

$$x = \frac{p \cdot ad}{dc}$$

Die Zahl  $x$  muß nun dem Gewichte des ganzen Hebels gleich seyn, was man durch Abwägen des Hebels auf einer guten Waage nachweisen kann.

b) Daß die Bahn eines schief geworfenen Körpers, wenn man den Luftdruck unberücksichtigt läßt, eine Parabel sey, kann man einfach so beweisen:

Sey  $ad$  die Geschwindigkeit des geworfenen Körpers und  $\alpha$  der Elevationswinkel; man zerlege  $ad$  in die beiden Seitenkräfte  $r$  und  $p$ ; der geworfene Körper wird einen höchsten Punkt  $c$  erreichen und ebenso lang zum Fallen

als zum Steigen brauchen (was natürlich schon vorher bewiesen seyn muß), daher ist die Höhe  $x = t^2 \cdot \frac{g}{2}$  (1); in der Zeit  $t$  wird aber der Körper den horizontalen Weg  $y = t \cdot p$  zurücklegen, woraus  $t = \frac{y}{p}$  (2); führt man diesen Werth von  $t$  in die Gleichung (1) ein, so erhält man;

$$x = \frac{y^2}{p^2} \cdot \frac{g}{2},$$

oder

$$y^2 = \frac{2p^2}{g} \cdot x,$$

was die Gleichung einer Parabel ist.

## XII. Ueber Vergoldung des Glases zur Herstellung optischer Spiegel; von W. Wernicke.

Methoden der Glasversilberung für die Herstellung optischer Spiegel sind in den letzten zehn Jahren mehrere angegeben worden, welche in der Praxis für verschiedene Zwecke mit Erfolg benutzt werden. Auch pflegt man jetzt, nach dem Vorschlage Foucault's, um bei Sonnenbeobachtungen die Wirkung der Sonnenstrahlen abzuschwächen, die Objective der Fernröhre mit dünnen durchsichtigen Silberschichten zu belegen, ein Verfahren, welches an mehreren Sternwarten bereits eingeführt ist. Einer längeren Benutzung des Metallspiegels steht aber die Natur des Silbers entgegen, welches an der atmosphärischen Luft in Folge ihres Gehalts an fremden Gasen nach nicht sehr langer Zeit seinen Glanz verliert.

Man hat daher mehrfach versucht, das Silber für die genannten Zwecke durch Gold zu ersetzen, aber die angegebenen Methoden haben sich bei näherer Prüfung als unsicher herausgestellt. Im 140. Bande der Ann. der Chemie und Pharm. hat J. v. Liebig ein Verfahren der Glasver-

goldung angegeben, welches darin besteht, daß eine besonders vorbereitete alkalische Goldlösung durch eine Mischung von Weingeist und Aether reducirt wird. Das Gelingen dieses Verfahrens ist jedoch an nicht ermittelte Bedingungen geknüpft<sup>1)</sup> und daher, wie Liebig selbst sagt, im Großen überhaupt nicht zu verwenden.

Mit optischen Versuchen beschäftigt, habe ich vor einiger Zeit ein Verfahren gefunden, welches nie versagt und stets leicht und bequem ausgeführt werden kann. Man heereit zur Herstellung einer glänzenden und fest haftenden Goldschicht auf Glas drei Lösungen, welche man längere Zeit aufbewahren kann und zum Gebrauche nur in bestimmten Verhältnissen zu mischen hat.

1. Eine Lösung von Goldchlorid in Wasser, welche in 120 CC. 1 Grm. Gold enthält. Man löst hierzu das Gold in möglichst wenig Königswasser, verdampft im Sandbade die überschüssige Säure und verdünnt dann bis auf 120 CC. Es ist hierbei nicht nothwendig, das salzsäurehaltige Goldchlorid bis zur Bildung des Chlorürs zu erhitzen, weil ein ganz geringer Gehalt an Säure für die Bildung eines guten Spiegels nicht von Belang ist. Dagegen muß diese Goldlösung absolut frei von solchen Metallen seyn, welche durch die Reductionsflüssigkeit metallisch ausgeschieden werden, namentlich frei von Silber. Enthält das Goldchlorid Spuren von Chlorsilber, so wird das meiste Gold pulverförmig gefällt und der dünne milchfarbige Spiegel löst sich sehr bald vom Glase ab.

2. Eine Natronlauge vom specifischen Gewicht 1,06. Diese braucht nicht rein zu seyn; ich habe zu meinen Versuchen käufliche, mit gewöhnlichem Kalke kautisch gemachte Soda, welche Chlor und Schwefelsäure enthielt, mit demselben Erfolge, wie chemisch reine Natronlauge, benutzt.

3. Die Reductionsflüssigkeit. Man mischt 50 Grm. englischer Schwefelsäure mit 40 Grm. Alkohol und 35 Grm. Wasser, destillirt nach Zusatz von 50 Grm. feinem Brauneisenpulver im Sandbade bei gelinder Wärme und leitet

1) Vgl. G. Quincke, Pogg. Ann. Bd. 129, S. 57 und Monatsberichte der Berl. Acad.

die Dämpfe in eine mit 50 Grm. kalten Wassers gefüllte Flasche. Man destillirt so lange bis sich das Volumen des vorgeschlagenen Wassers verdoppelt hat. Die erhaltene Flüssigkeit, welche Aldehyd und etwas Essig- und Ameisenäther enthält, versetzt man mit 100 CC. Alkohol und 10 Grm. mittelst Salpetersäure invertirten Rohrzuckers, und ergänzt die Mischung durch Zusatz von destillirtem Wasser auf 500 CC. Die Ueberführung des Zuckers geschieht in der Weise, daß man 10 Grm. gewöhnlichen Rohrzuckers in 70 CC. Wasser löst, die Lösung mit 0,5 Grm. Salpetersäure vom spec. Gew. 1,34 versetzt und eine Viertelstunde lang kocht.

Diese Reductionsflüssigkeit, in gut verkorkten Flaschen aufbewahrt, läßt sich mehrere Monate hindurch mit gleichem Erfolge benutzen.

Um nun einen Plan- oder Hohlspiegel herzustellen, mischt man in einem passenden Glasgefäße einen Theil der Natronlauge mit dem vierfachen Volum der Goldlösung und fügt alsdann  $\frac{1}{35}$  bis höchstens  $\frac{1}{30}$  des Ganzen von der Reductionsflüssigkeit hinzu. Die Mischung färbt sich schnell grün von ausgeschiedenem Golde; man bringt sie sogleich mit der zu vergoldenden Glasfläche in Berührung, und zwar so, daß sich das Gold von unten nach oben ansetzen kann. Die Schnelligkeit der Vergoldung ist von der Temperatur abhängig. Bei einer mittleren Zimmerwärme von 15° R. beginnt der Spiegel sich nach 30 Minuten zu bilden, nach  $1\frac{1}{2}$  Stunde ist er mit prächtig grüner Farbe durchsichtig, und nach  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden hat er eine solche Dicke erreicht, daß er nur eben mit tief dunkelgrünem Lichte durchscheinend ist. Bei 45° bis 50° R. geht derselbe Proceß schon nach 20 bis 15 Min. vor sich, bei 60° noch schneller; eine höhere Temperatur anzuwenden, ist jedoch unzweckmäßig, weil das Gold alsdann weniger fest am Glase zu haften scheint. Innerhalb der angegebenen Gränzen ist die Güte der Spiegel in Bezug auf Glanz und Haltbarkeit dieselbe; allein es kann zuweilen vorkommen, daß in der Wärme die in der Flüssigkeit stets in geringer Menge ent-

haltene Luft in Bläschen aufsteigt und hierdurch feine Löcher er im Spiegel verursacht, welche zwar nicht im reflectirten, wohl aber im durchgehenden Lichte sichtbar sind; aus diesem Grunde ist es, bei Anwendung von Wärme, zweckmäfsig, die alkalische Goldlösung von dem Zusatz der Reductionsflüssigkeit, bevor man sie mit dem zu vergoldenden Glase in Berührung bringt, bis nahe zum Sieden zu erhitzen. Der auf die eine oder andere Weise erhaltene Spiegel wird mit Wasser sorgfältig abgespült und, auf Fließpapier mit der belegten Fläche nach unten schräg gegen eine Wand gestellt, bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknet; er zeigt alsdann stets eine vollkommene Politur.

Die Vorbereitung und Reinigung der zu vergoldenden Gläser kann man in gleicher Weise wie bei der Versilberung bewerkstelligen, für welche G. Quincke in seinen optischen Experimental-Untersuchungen<sup>1)</sup> alle geeigneten Vorsichtsmaafsregeln gegeben hat. In den meisten Fällen genügt schon ein einfaches Putzen mit Natronlauge und Alkohol; dahingegen mufs man sich wohl hüten, eine Säure als Putzmittel anzuwenden; in diesem Falle löst sich die Goldschicht später leicht vom Glase los.

Berlin, December 1867.

### XIII. *Eine andere Form des »schwimmenden Stroms« von de la Rive; von Dr. G. Krebs.*

Oberlehrer in Wiesbaden.

Der de la Rive'sche schwimmende Strom besteht bekanntlich aus einem Kork, durch den die zwei Enden eines mehrmals ringförmig gebogenen Kupferdrahts hindurchgehen und an welche, unterhalb des Korks, an das eine eine Zinkplatte,

1) Pogg. Ann. Bd. 129, S. 44 bis 57.

an das andere eine Kupferplatte angelöthet ist. Setzt man den so gestalteten Apparat auf angesäuertes Wasser, so tritt der Uebelstand ein, daß die Wasserstoff- und Sauerstoffblasen sich unten an dem Kork ansetzen und sich allmählig zu einer grossen Blase vereinigen, welche den Apparat an der einen Seite hebt, und indem sie plötzlich aufsteigt, ein heftiges Schwanken desselben verursacht; der Apparat ist deshalb auch kaum im Stande eine bestimmte Lage ruhig einzuhalten. Ausserdem setzen die zwei Metallplatten der drehenden Bewegung des schwimmenden Stroms einen nicht unbedeutenden Widerstand entgegen.

Um nun diese Uebelstände zu beseitigen, scheint es am besten, statt des Korks ein ausgehöhltes Holzstück zu nehmen, welches die Gestalt eines halben Eies hat; dasselbe ist oben durch einen geraden Deckel verschlossen und gut gefirnist. Die Enden des Drahtes werden durch den Deckel und den unteren spitzen Theil des Eies hindurchgeführt; an das eine Ende nun wird ein etwa 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Centimeter weiter Kupfercylinder und an das andere ein etwas engerer Zinkeylinder, welcher in dem Kupfercylinder, ohne ihn zu berühren, steckt, angelöthet. Will man den Strom noch verstärken, so steckt man in den Zinkeylinder noch einen Kupfercylinder, welcher mit dem äusseren Kupfercylinder durch kleine Kupferdrähte verbunden wird. Die drei Cylinder hält man durch oben und unten übergelegte Querstäbchen von Holz auseinander.

In dieser Gestalt schwimmt der Apparat auf dem Wasser und dreht sich mit grosser Leichtigkeit ohne viel hin- und herzuschwimmen.

#### XIV. *Messung des Anorthits aus dem Meteorstein von Juvenas; von Victor von Lang.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzb. d. Wien. Akad. 1867, Nov.)

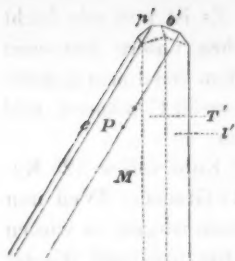
Unter allen Meteorsteinen ist der zu Juvenas in Frankreich am 15. Juni 1821 gefallene von besonderem Interesse durch die eingehende mineralogische Untersuchung, der ihn G. Rose unterzog. Derselbe erkannte auch, daß die Hauptmasse dieses Steines aus zwei Mineralien besteht: aus Augit und aus einem triklinischen Feldspathe, dessen Krystalle zur Messung zu klein seyen und welchen Rose für Labrador hielt. Hiemit stimmt auch die chemische Untersuchung Rammelsberg's, welcher den durch Säuren zersetzbaren und unzersetzbaren Antheil gesondert analysirte. Letzterer zeigte nahezu die Zusammensetzung des Augits, während für den zersetzbaren Antheil die Zusammensetzung des Anorthits gefunden wurde.

Daß der eine Bestandtheil dieses Steines wirklich Anorthit ist, wird nun auch durch die nachfolgenden Messungen bestätigt. Dieselben sind an einem Krystalle angestellt, den ich in einem Hohlraume dieses Steines an einem Exemplare im Besitze des britischen Museums auffand. Es war dies eigentlich nur eine äußerst kleine Spitze, mit welcher ein in die Hauptmasse eingewachsener Krystall in die Höhlung hineinragte. Schon wegen der so geringen Größe dieses Fragmentes konnten keine genauen Messungsergebnisse erwartet werden, dieselben wurden aber durch die größtentheils mangelhafte Beschaffenheit der acht vorhandenen Krystallflächen noch bedeutend unsicherer. Doch glaube ich, daß wenigstens die Identität dieses Krystalles durch die folgenden Messungen unzweifelhaft festgestellt wird.

Der untersuchte Krystall bestand aus folgenden Flächen:

$$M(010), M'(0\bar{1}0), P(001), e(0\bar{2}1), t(\bar{1}10), T(\bar{1}\bar{1}0), \\ o'(\bar{1}11), p'(\bar{1}\bar{1}1),$$





wobei die Buchstaben dieselben Flächen bezeichnen wie bei Kokscharow (Materialien zur Mineralogie Rußlands, Bd. IV, S. 200.) Das Flächenpaar  $MM'$  war vorherrschend, wie dies auch in der beistehenden Zeichnung des Krystalles dargestellt ist.

Die Winkel sind:

|                 | beobachtet: | berechnet Kokscharow: |
|-----------------|-------------|-----------------------|
| $MP = 93^\circ$ |             | $94^\circ 10'$        |
| $Me = 136\ 10'$ |             | $136\ 48$             |
| $MI = 59\ 40$   |             | $58\ 4$               |
| $MT' = 115\ 40$ | appr.       | $115\ 33$             |
| $Mo' = 61\ —$   | "           | $64\ 53$              |
| $o'p' = 55\ —$  | "           | $52\ 53$              |
| $Tp' = 57\ 10$  |             | $56\ 23$              |
| $p'P = 64\ 0$   |             | $64\ 17$              |
| $Po' = 67\ 20$  |             | $67\ 52$              |
| $o'l = 55\ 40$  |             | $56\ 15.$             |

**XV. Ueber die Bedingungen, unter welchen Kubikzoll- und Loth in dieselbe Beziehung, wie Kubikcentimeter und Gramm zu einander treten;  
von K. L. Bauer,**

Assistent d. Physik am Polytechnicum zu Karlsruhe.

Als einen Hauptvorzug des französischen Maßsystems pflegt man gewöhnlich die einfache Verknüpfung des Gewichts mit dem Körper- und Längenmaafs hervorzuheben: die mit dem Namen *Gramm* bezeichnete Gewichtseinheit bedeutet bekanntlich nichts anderes, als das auf den leeren Raum reducirte Gewicht eines *Kubikcentimeters* Wasser, letzteres von der festgesetzten Beschaffenheit und der festgesetzten

Schwerkraft unterworfen gedacht <sup>1)</sup>). Es ist nun sehr leicht diese einfache Beziehung auch zwischen unsern deutschen Maafsen Kubikzoll und Loth herzustellen. Setzt man nämlich

1 Fufs = 12 Zoll = 3 Decimeter = 30 Centimeter, und

1 Pfund = 32 Loth = 500 Gramm,

so sind 2 Zoll = 5 Centimeter, oder 8 Kubikzoll = 125 Kubikcentimeter, und 8 Loth sind = 125 Gramm. Weil nun 125 Kubikcentimeter Wasser 125 Gramm wiegen, so wiegen 8 Kubikzoll 8 Loth; *demnach wiegt Ein Kubikzoll Wasser gerade ein Loth.*

Wären also die obigen Bedingungen erfüllt, was für das badische Maafs z. B. mit Ausnahme des einzigen Umstandes, dafs der Fufs 10 statt 12 Zoll hat, wirklich der Fall ist, so würde uns das auf Wasser bezogene specifische Gewicht einer Substanz nicht blofs das Gewicht eines Kubikcentimeters derselben in Grammen, oder das Gewicht eines Kubikdecimeters in Kilogrammen angeben, sondern auch gleichzeitig das Gewicht eines Kubikzolles in Lothen.

Unabhängig von der Zahl der Zolle, in die man den Fufs theilt, wiegt unter den gegebenen Voraussetzungen Ein Kubikfufs = 27 Kubikdecimeter bekanntlich geradeaus 54 Pfund = 27 Kilo.

Karlsruhe, im Januar 1868.

1) Hiebei erlaube ich mir, mein Erstaunen darüber zu äufsern, dafs ich vergeblich in allen mir zu Gebote stehenden Werken darnach suchte, ob sich der Begriff des *Grammes* auf das Meeresniveau unter der Pariser Breite, oder unter der Breite von 45°, oder unter irgend einer andern Breite bezieht, oder ob — woran ich jedoch zweifle — das Gramm überhaupt kein absoluter, sondern ein mit der geogr. Breite und der Erhebung über die Meeresfläche variirender Werth ist.

**XVI. Ueber einen Apparat zur Beweisführung,  
dafs der elektrische Funke nicht durch ein abso-  
lutes Vacuum geht;  
von den Gebrüdern Alvergniat.**

(Compt. rend. T. LXV, p. 963.)

**L**ange Zeit hat man die Frage erörtert, ob der elektrische Funke durch ein absolutes Vacuum gehe. Hr. Gassiot ist es in den letzten Jahren gelungen, einen Apparat zu construiren, welcher den Funken nicht durchläfst. Er stellte das Vacuum in diesem Apparate her, indem er ihn mit Kohlensäure füllte und diese langsam durch Kali absorbiren liess.

Uns ist es geglückt einen Apparat zu construiren, mittelst dessen man dasselbe Resultat viel leichter und viel rascher erreicht. Es reicht nämlich hin, das Vacuum mittelst der von uns erdachten und gegenwärtig allen Physikern in Paris bekannten Quecksilber-Luftpumpe herzustellen. Mittelst derselben bringt man in der zum Versuch bestimmten Röhre, welche zwei Platindrähte in 2 Mllm. Abstand enthält, ein fast absolutes Vacuum hervor. Eine halbe Stunde reicht hin, um zum erforderlichen Punkt zu gelangen. In diesem Moment erhitzen wir, nach einem uns vor drei Jahren von Hr. d'Almeida gegebenen Rath, die Röhre bis zur dunklen Rothgluth. Diese Erhitzung kann entweder mittelst Kohlen oder mittelst der von Hr. Berthelot zu organischen Analysen angewandten Lampe bewerkstelligt werden. Diese Lampe erlaubt, die Hitze sehr langsam und regelmässig bis zur Rothgluth zu steigern, ohne dafs man Gefahr läuft, die Röhre zu sprengen oder zu schmelzen. Wenn die Röhre zu glühen anfängt, fahren wir fort zu evacuiren und lassen den Funken durchgehen, bis zum Moment, wo sein Durchgang aufhört. In diesem Moment schliessen wir mittelst der Lampe die Verbindung der Röhre mit der Pumpe ab.

In einer so zu bereiteten Röhre hört, ungeachtet des geringen Abstandes zwischen den beiden Platinspitzen, der Durchgang der Elektrizität vollkommen auf.

### XVII. Versionen über den Ursprung des Wortes *Theodolith*.

Da ich zu verschiedenen Zeiten nach der Abstammung des Wortes *Theodolith* befragt worden bin, so dürfte es Manchem wohl nicht unwillkommen seyn, hier die Versionen zusammengestellt zu sehen, die ich gelegentlich darüber vorgefunden habe. Die dritte ist wohl die wahrscheinlichste.

(P.)

*Theodolith*, von *θεα* Anschauen, *ὁδός* Weg, und *λίθος* Stein, — wegen der pyramidalen Steinpostamente, die man als Unterlage gebrauchte und noch gebraucht (Hunaeus, Lehrb. d. pract. Geometr. Hannover 1848, S. 138 — citirt in Grunert's Arch. d. Math. XXXV, S. 240).

*Theodolite*, from *θεωω*, I see, and *δολιχος*, long (Ann. of Philosophy, Vol. VI (1829) p. 311 — aus Johnson's Dictionary).

*Theodolite*, from *θεωω*, see, *δηλος*, manifest, and *ιτρος*, circumference (The New American Cyclopaedia, Vol. XV (1862) p. 420). — Zugleich wird daselbst gesagt, es sey i. J. 1735 einem Kaufmann in Boston, Roland Houghton, ein siebenjähriges Patent ertheilt auf ein von ihm erfundenes Instrument, genannt „the new theodolite by which, as declared in the act, land could be surveyed with greater ease and despatch than by any surveying instrument heretofore projected or made within this province (Massachusetts)“.